CEKIT

CURSO FÁCIL DE ELECTRÓNICA BÁSICA

Lección 1

Las herramientas en electrónica

El aficionado, el técnico, o el profesional en la electrónica y la electricidad, además de tener una buena fundamentación teórica, debe saber también cuales son las herramientas necesarias y adecuadas para realizar sus trabajos prácticos con eficiencia, comodidad, y saber manejarlas correctamente.

La electrónica requiere de mucha práctica y experimentación, ya que la teoría por sí sola no nos brinda todos los conocimientos necesarios para trabajar con éxito en esta tecnología. En esta lección le proporcionaremos una noción de las principales herramientas manuales y électricas; aunque seguramente no necesitará todas las que vamos a enumerar, es posible que alguna vez tenga que enfrentarse a problemas que podrán ser solucionados con algunas de ellas. Para cada herramienta explicaremos lo siguiente:

1. Características de tipo técnico importantes para obtener la herramienta comercialmente.

2. Su manejo.

3. Cuidados para un buen uso y mantenimiento.

4. Normas básicas de seguridad.

Un buen técnico electrónico o aficionado exitoso es aquel que realiza siempre un trabajo con mucha técnica y calidad, porque conoce y utiliza correctamente las herramientas, materiales y componentes con los que trabaja. Existen básicamente dos tipos de herramientas:

1. Mecánicas manuales como los destornilladores, pinzas, llaves, etc.

2. Eléctricas manuales como los cautines, taladros, *moto tools*, etc.

El destornillador

Es una herramienta para apretar o aflojar tornillos y se compone de dos partes:

1. El mango: es la parte plástica o de madera que sirve para sujetarlo. Éste no debe ser golpeado porque se puede deteriorar y puede lastimar la mano de quien lo opere; debe estar aislado para trabajar en circuitos energizados.

2. El vástago: es la parte metálica que puede ser cilíndrica, cuadrada o hexagonal en algunos casos; su longitud varía desde una hasta doce pulgadas y su grosor desde 1/16 hasta 3/8 de pulgada. El vástago es el que determina las características del destornillador y por tanto se escoge según el esfuerzo que se va a ejercer sobre el tornillo y su ubicación (profundidad). De acuerdo a la forma de la punta del vástago, existen entre otros dos tipos de destornilladores:

- **De pala:** para apretar o extraer tornillos con cabeza ranurada. **Figura 1.1**

Figura 1.1. *Destornillador de pala*

Figura 1.2. *Destornillador de estrías*

- **De estrella, punta de cruz o estrías:** para apretar o extraer tornillos con cabeza en forma de cruz o doblemente ranurada. **Figura 1.2**

Cuidados con los destornilladores

Para su buen uso y la seguridad del usuario, es muy importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. No use el mango del destornillador como martillo.

2. Nunca use el destornillador como palanca.

3. Asegúrese que la punta del vástago encaje perfectamente en la ranura del tornillo para no dañar la cabeza de éste. Por eso se deben tener destornilladores de varios tamaños para adaptarse a diferentes medidas de tornillos.

4. El ancho de la punta del vástago debe ser igual al diámetro de la cabeza del tornillo.

5. Escoja el espesor de la punta del vástago para que quede bien ajustado, sin holgura en la ranura del tornillo.

Las pinzas

Son herramientas metálicas compuestas por dos brazos trabados y asegurados por un eje que permite abrirlas o volverlas a cerrar. En uno de sus extremos se encuentran las mandíbulas las cuales, de acuerdo a su forma, pueden servir para apretar, cortar, doblar, pelar, insertar y extraer. En el otro extremo están generalmente aisladas o cubiertas con diferentes materiales con el fin de hacer más cómodo su uso y para aislar al usuario del contacto con la corriente eléctrica. Para el trabajo en electrónica son pequeñas y las más utilizadas son:

1. La pinza de puntas planas: es una pinza de mandíbulas planas para sujetar y doblar los cables y los terminales de los componentes. También se utilizan para apretar algunas tuercas muy pequeñas; las superficies de sus mandíbulas puede ser lisas o estriadas. De estas pinzas hay diferentes tipos los cuales se utilizan según el trabajo que se va a efectuar. **Figura 1.3**

Figura 1.3. *Pinza de puntas planas*

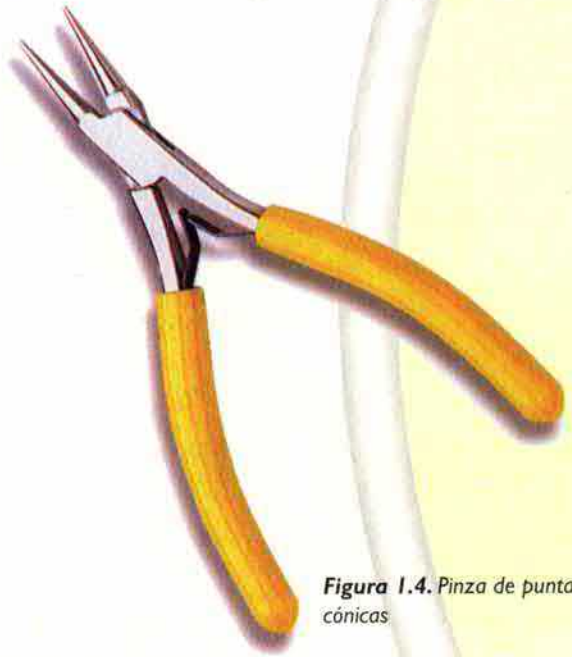


Figura 1.4. *Pinza de puntas cónicas*

2. La pinza de puntas cónicas: es una pinza con mandíbulas en forma de cono. Se utiliza generalmente para hacer argollas en los extremos de los conductores, para luego poder colocar y apretar tornillos en ellas. Por su forma cónica, permite hacer argollas para diferentes diámetros de tornillos. **Figura 1.4**

Figura 1.5. *Pinza para corte lateral*

3. La pinza para corte lateral: es una pinza con mandíbulas cortantes y se le conoce también con el nombre de **cortafrío**. Se utiliza principalmente para cortar los conductores o los terminales sobrantes de los componentes, después de ser instalados en un circuito impreso. En electrónica un cortafrío debe ser de 10 ó 13 cm de largo. **Figura 1.5**

4. La pinza pelacables: tiene en sus mandíbulas unos pequeños agujeros que permiten retirar el aislante de los conductores, alambres o cables, sin dañar la parte conductora o metálica; resulta ser más eficiente que si se retira el aislante con una cuchilla. Hay diferentes configuraciones y modelos que el usuario debe escoger según su gusto o de acuerdo al tipo de trabajo que va a hacer. **Figura 1.6**

Figura 1.6. *Pinza pelacables*

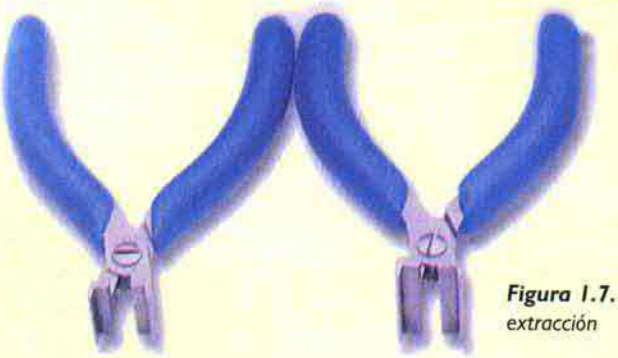


Figura 1.7. *Pinza de inserción o extracción*

5. La pinza de inserción o extracción: se utilizan para insertar o extraer arandelas en algunos tornillos; también para instalar, sostener o extraer circuitos integrados (*chips*) sin dañarlos. **Figura 1.7**

Cuidados con las pinzas

Para su buen uso y la seguridad del usuario, es muy importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Nunca las use como martillo.

2. No aprete o afloje tuercas con ellas.

3. No retire el aislante en conductores de diámetro más grueso que el de la pinza.

4. No corte conductores de diámetro superior al diseñado para la pinza.

Las llaves

Muchos equipos y aparatos electrónicos se arman con tornillos, utilizando atornilladores, y otros, por sus características diferentes, utilizan tornillos pasantes que tienen una tuerca como cabeza y, para apretarlos, requieren de otra herramienta que se conoce con el nombre de llave. Fundamentalmente es una herramienta con la cual se ejerce un esfuerzo o torsión en las tuercas o cabezas de algunos tornillos.

Figura 1.9 *Llaves de copa*

Comúnmente las llaves se fabrican de acero o cromo-vanadio. Se utilizan más de diez tipos de llaves en el trabajo del taller mecánico; sin embargo, para trabajar en electrónica se utilizan generalmente tres tipos de llaves.

Llaves planas o de boca fija. Se les conoce como llaves de dos bocas o aberturas, una en cada extremo del mango en forma de U para ajustarse a dos medidas diferentes de tuercas o de cabezas de tornillo. Comercialmente se encuentran en pulgadas y milímetros. **Figura 1.8**

Llave de boca cerrada, de caja o de copa. Este tipo de llaves envuelve por completo a la tuerca, es menos propensa a deslizarse y producir una lesión. Por estas razones es preferida para un buen número de trabajos. La abertura de la boca puede ser un hexágono de seis puntas o doble, es decir de doce puntas, las mismas reciben el nombre de estrías, por esto también se les conoce como llaves de estrías. **Figura 1.9**

Llaves Allen o llave para tornillos sinfin o prisioneros. Son herramientas curvas hechas de una barra hexagonal, con el objeto de que se adapte a los agujeros de la cabeza de los tornillos de seguridad o de cabeza hexagonal. Comercialmente se encuentran desde 1/64 de pulgada hasta 1 pulgada. También se consiguen en milímetros.

En muchas tiendas componentes electrónicos venden juegos de llaves de las ya mencionadas que usted podrá ir adquiriendo para hacer sus trabajos con comodidad y eficiencia. **Figura 1.10**

Figura 1.8. *Llaves planas o de boca fija*

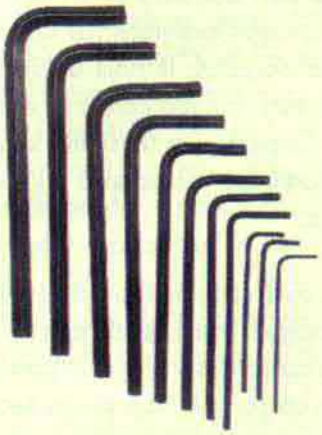


Figura 1.10. *Llaves Allen*

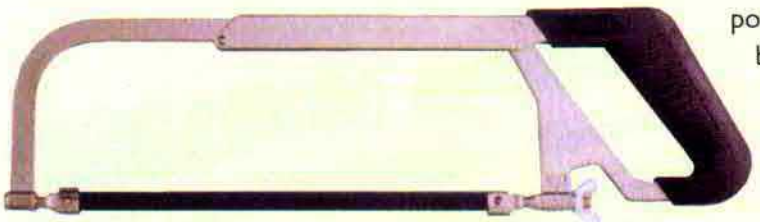


Figura 1.11. Sierra de arco

Cuidados con el uso de las llaves

- Use siempre una llave que se ajuste con exactitud al tornillo o la tuerca. Una llave muy grande se puede resbalar de la tuerca, dañarla y ocasionar un accidente.
- Compruebe siempre que la tuerca esté bien asentada en la boca de la llave.
- Al apretar o aflojar una tuerca, un tirón en seco es más eficaz que un movimiento uniforme.
- Una gota de aceite en las roscas, al instalar un tornillo o tuerca, facilitará su extracción en un futuro.
- Existe una llave de mordazas ajustables, también llamada llave inglesa, que se acomoda a muchas dimensiones de tuercas; no la use porque si la llave se afloja redondeará las aristas de la tuerca, averiándola y producirá un accidente.

Sierra de arco o segueta

Es una herramienta muy utilizada para cortar metales; en electrónica se usa para cortar lámina de circuitos impresos, fibra de vidrio u otros materiales, **figura 1.11**. Consiste en un bastidor metálico o arco en cuyos extremos hay dispuestos unos ganchos sujetadores de la hoja de sierra; uno de sus extremos está roscado donde se encuentra una tuerca tipo mariposa para tensionar la hoja. El bastidor es ajustable para adaptarlo a varias longitudes de la hoja.

Las hojas más comunes son de 14, 18, 24 y 32 dientes por pulgada lineal, se fabrican de acero rápido o acero al carbón y son flexibles para que durante el proceso de corte la hoja pueda flectar y no se rompa. Para trabajar en electrónica se recomienda una hoja de 32 dientes por pulgada lineal, que proporciona un corte fino en materiales como baquelita o fibra de vidrio.

Cuidados con la sierra de arco

- No tensar demasiado la hoja en el arco para evitar la rotura de la misma.
- No aplicar demasiada presión sobre la hoja.
- No cortar demasiado rápido.
- Utilizar la hoja correcta verificando el número de dientes por pulgada para que el corte sea uniforme y pulido.
- Coloque la hoja con los dientes hacia adelante, ya que cuando ésta se impulsa de esta forma, es cuando efectúa el corte. En el retroceso la hoja no corta.

Brocas o mechas

Son herramientas de corte para producir una perforación en una pieza de metal u otro material. Consiste en una pieza cilíndrica de acero, tiene dos filos y dos acanaladuras rectas o helicoidales que constituyen los filos y que dejan escapar las virutas durante el taladrado. La broca en forma helicoidal o en espiral es la más utilizada. **Figura 1.12**

Las brocas o mechas para uso normal se fabrican en acero al carbón. Para trabajos más especializados se fabrican en acero al carbono o acero rápido. Para uso en el taller de electrónica se debe tener un juego de brocas que van desde 1/32 de pulgada hasta 1/2 pulgada.

Figura 1.12. Juego de brocas

Cuidados con las brocas

- Se debe verificar que tenga un buen filo, de lo contrario la broca presentará un embotamiento. ¿Cómo nos damos cuenta de ello? así:
  - La broca penetra en la pieza muy lentamente
  - La broca se calienta mucho
  - La broca produce chirridos o ruidos agudos
  - El orificio terminado tiene una superficie rugosa
- Para taladrar, la broca debe estar en posición vertical, de lo contrario puede partirse.
- Después de utilizada, la broca se debe limpiar y guardar en su caja.

El taladro manual

Es una herramienta diseñada para hacer perforaciones en láminas metálicas y otras superficies; por ejemplo, en electrónica se utiliza para hacer perforaciones en cajas de montaje, tarjetas de circuitos impresos, etc. Todo lo anterior ayudado por un buen juego de brocas.

Comercialmente se venden para ser conectados a la red eléctrica pública, actualmente existen otros que operan mediante baterías recargables muy útiles para trabajar en sitios alejados de la red eléctrica. También existen modelos equipados con velocidad constante o variable, siendo recomendable los segundos ya que se adaptan con facilidad a las condiciones del material que se va a perforar.

Dentro de los tipos de taladros existe uno llamado *moto-tool*, herramienta muy versátil en electrónica, que además del taladrado, puede servir para otras aplicaciones siempre que se tengan los accesorios adecuados; éstas son: perforar, pulir, esmerilar, lijar, grabar, cortar, enrutar, etc. **Figura 1.13**

Figura 1.13. *Taladro manual*

Figura 1.14. *Limas*

Cuidados con los taladros

- Trabajar por períodos de tiempo cortos para evitar el recalentamiento en su motor.
- Trabajar en posición vertical el taladro para proteger las brocas y evitar roturas.
- La broca utilizada debe estar bien afilada, de lo contrario el taladro se va a forzar en su trabajo, se va a calentar y puede deteriorarse.

Limas

Son unas herramientas de mano, de acero duro, que tienen filas paralelas de aristas cortantes o dientes sobre sus superficies. Se utilizan para eliminar metal sobrante u otros materiales y así obtener superficies lisas. Se fabrican con acero al carbono, endurecido y templado. Se encuentran en gran variedad de formas y tamaños, cada una para finalidades específicas.

Para trabajos en electrónica se emplean dos tipos de limas que por su forma se denominan:

Lima plana. Empleada en el afilado de algunas herramientas y para producir superficies libres de re-

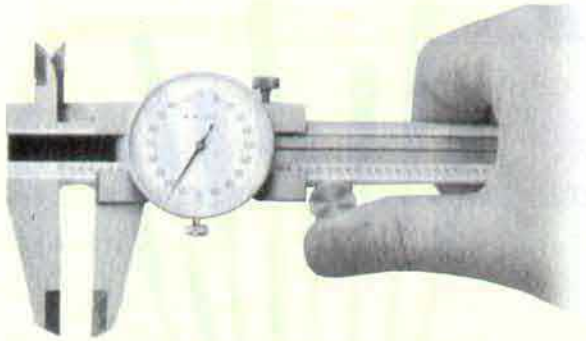


Figura 1.15. Calibrador

babas o rebordes; en el comercio se encuentran en longitudes desde 4 hasta 16 pulgadas. **Figura 1.14**

Lima redonda. Tiene una sección circular y por lo general su forma es cónica. Utilizada para ensanchar orificios redondos, para redondear orificios irregulares y para pulir radios interiores. Igual que la lima plana, se consiguen desde 4 hasta 16 pulgadas.

Por su grado de aspereza o el picado de su superficie se denominan:

Lima basta. Con hileras de dientes gruesos para retirar limaduras o asperezas gruesas.

Lima fina. Con un picado muy delgado para pulir superficies finas.

Cuidados con las limas

- Por seguridad no debe usarse una lima sin su mango, éste puede ser de madera o plástico.
- Use un cepillo de acero para limpiarlas y mantenerlas libres de rebabas y virutas .
- No golpee la lima para retirar las rebabas, son de acero endurecido y se pueden partir.
- No aplique demasiada presión a una lima nueva porque se gastan muy rápido sus superficies cortantes.
- Una lima sólo corta en movimiento hacia el frente, por tanto sólo aplique presión en movimiento hacia adelante y en el retorno aflójela. En el movimiento de retorno con mucha presión puede perder sus filos.
- Hasta donde sea posible trate de asegurar la pieza que va a limar con una prensa o tornillo de banco para evitar accidentes.

Calibrador

También se le conoce como Vernier ó pie de rey y es un instrumento de precisión para comprobar medidas interiores y exteriores. Tiene una mordaza fija y otra móvil graduada en milímetros o en pulgadas. Los calibradores tradicionales requieren para su lectura de alguna operación matemática; sin embargo, en la actualidad existen calibradores de lectura directa análoga o digital que agilizan mucho el trabajo. **Figura 1.15**

El soldador eléctrico o cautín

Es la herramienta que proporciona la temperatura necesaria para efectuar uniones eléctricas mediante una soldadura de estaño. El soldador o cautín juega un papel muy importante para obtener una buena soldadura; por lo tanto, se debe ser muy cuidadoso en el momento de hacer la compra; éste también se complementa con varios accesorios como el soporte y un juego de puntas intercambiables de diferentes formas, según su aplicación.

El soldador consta de una punta de cobre fijada en un tubo metálico dentro del cual está ubicada una resistencia calefactora, la que calienta tanto la punta como el tubo. En una próxima lección del temario de electrónica práctica estaremos dedicando un apartado especial a lo que es la soldadura en electrónica donde explicaremos temas como: tipos de soldadura, el cautín y su manejo, pasos para una correcta soldadura, cuidados y recomendaciones, etc. **Figura 1.16**

Figura 1.16. Soldador eléctrico o cautín

Lección 2

Los instrumentos básicos para mediciones eléctricas

En esta lección vamos a estudiar un tema muy interesante debido a su importancia en la verificación del funcionamiento de los aparatos y los circuitos tanto eléctricos como electrónicos. Los instrumentos básicos para la medición pueden ser análogos o digitales y se utilizan para medir voltaje, corriente y resistencia en corriente continua (CC) y en corriente alterna (CA). En la mayoría de los casos, van montados en tableros o en los paneles frontales de aparatos tales como los multímetros, las fuentes de poder, los estabilizadores de voltaje y otros instrumentos.

Introducción

Un profesional o técnico de la electrónica, además de los conocimientos teóricos y prácticos de su profesión, requiere de un cierto número de instrumentos para poder medir, ajustar, o chequear magnitudes de los diferentes componentes que hacen parte de los circuitos que integran los equipos o aparatos que construye o repara.

Usted puede preguntarse ¿qué es medir? Sencillamente es comparar una magnitud con otra de su misma especie tomada como unidad o referencia. El tema de los aparatos o instrumentos para medida es muy importante, ya que mediante el uso de ellos usted podrá localizar las causas de una operación defectuosa en aparatos electrónicos, en los cuales no es posible apreciar su funcionamiento en una forma visual.

Por tanto, dentro del mundo de la electrónica la medición de las diferentes magnitudes es una tarea fundamental. Dentro de los instrumentos para medida y chequeo que vamos a considerar como fundamentales o indispensables se cuentan: el amperímetro, el voltímetro y el óhmetro.

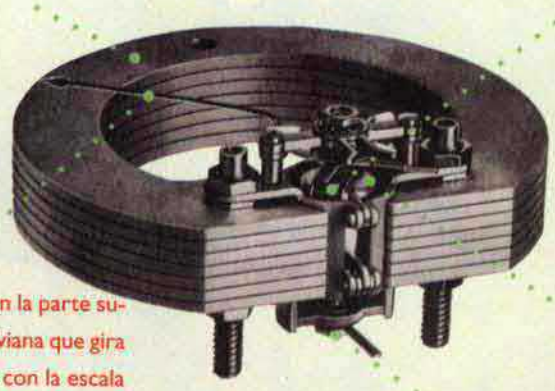
Los instrumentos para medida son innumerables y existen varias clasificaciones dependiendo del tipo de corriente que se quiere medir, según el funcionamiento del aparato, según la forma en que se utiliza, según la forma de lectura, o de presentación del resultado final, etc. Todos estos instrumentos se van a conocer a medida que avancemos pues la aplicación y manejo de cada uno de ellos un complemento de los temas que abordaremos durante el curso.

El instrumento básico para medir

El funcionamiento de los instrumentos para medición análogos o de aguja tiene como base dos de los efectos de la corriente eléctrica como son: el efecto magnético y el efecto térmico. A través de los años se han construido e ideado muchos instrumentos para la medición de la corriente aunque solo vamos a estudiar los que tienen aplicación práctica en la actualidad. Todos los aparatos son de construcción semejante, siendo modificaciones del sencillo instrumento básico llamado Galvanómetro Dársonval, que se basa en el efecto magnético de una pequeña corriente. **Figura 2.1**. Las principales partes de un galvanómetro se pueden observar en la figura.

Un núcleo laminado con forma semicircular (herradura) para lograr una fuerza magnética uniforme en todo el contorno que ha de recorrer la *bobina móvil*, pues se busca una respuesta lo más lineal posible.

Una bobina móvil de alambre muy delgado está envuelta sobre un pequeño marco rectangular que tiene dos ejes de metal, los cuales, encajan en dos cojinetes para permitir el giro fácil de ella.



Dentro del marco de la bobina móvil hay un cilindro metálico fijo de material magnetizable que, sin rozar con la bobina, recibe la inducción magnética del núcleo y contribuye a concentrarla de manera uniforme en toda el área de ella.

El mecanismo móvil tiene en la parte superior una aguja delgada y liviana que gira sobre una carátula impresa con la escala calibrada, de acuerdo con la cantidad de corriente que circula por la bobina.

Resorte espiral o pelo.

Figura 2.1. *Componentes básicos de un galvanómetro Dársonval*

Figura 2.2. *Medidor fijo*

¿Qué es lo que mueve la aguja? La bobina, a la que está unida la aguja se convierte en un electroimán cuando circula corriente en ella, y se comporta como un imán con sus polos norte y sur. Debido a las fuerzas magnéticas de atracción y repulsión, la bobina tratará de girar de modo que los polos diferentes queden tan cercanos como sea posible. La magnitud de la fuerza de rotación dependerá de la fuerza del imán permanente. Al movimiento de la bobina se oponen las fuerzas mecánicas de los resortes en espiral o pelo. Si se aumenta la corriente en la bobina móvil, el efecto magnético de la bobina es más fuerte, por lo que la bobina girará mucho más indicando así el aumento de la corriente en la escala graduada. Cuando la corriente cesa, los resortes regresan la bobina móvil y la aguja a la marca de cero.

Este tipo de medidor sólo funciona con corriente continua y es de por sí de uso muy limitado pues por el alambre delgado de la bobina móvil sólo pueden pasar corrientes muy pequeñas. Los galvanómetros más útiles están graduados para funcionar como miliamperímetros o microamperímetros.

Clasificación de los aparatos para medida

Los aparatos para medida utilizados en electricidad y electrónica se clasifican de diferentes formas así:

1. **Según el tipo de corriente que se va a medir.**
   - Para la medida de corriente continua (CC), en inglés *Direct Current* (DC).
   - Para la medida de corriente alterna (CA), en inglés *Alternating Current* (AC).
   - Para la medida de ambas corrientes, llamados universales.

   Sobre el tablero del aparato debe aparecer el tipo de corriente que permite medir normalmente, DC ó AC.

2. **Según la forma en que se utilizan**
   - **Fijos:** construidos para ser ubicados en paneles o tableros cuando se desea una indicación permanente de una magnitud. **Figura 2.2**
   - **Portátiles:** se pueden transportar de un lugar a otro, son usados para hacer mediciones en diferentes lugares. **Figura 2.3**

3. **Según la forma de lectura**
   - **Registradores:** sobre un papel especial y con la ayuda de una aguja trazan curvas que luego pueden ser analizadas. Son muy utilizados en las grandes centrales hidroeléctricas para registrar los voltajes durante las 24 horas del día, o en las industrias para registrar temperatura, presión, etc. **Figura 2.4**
   - **Contadores:** registran mediante ruedas numeradas el valor de una medida. Un ejemplo es

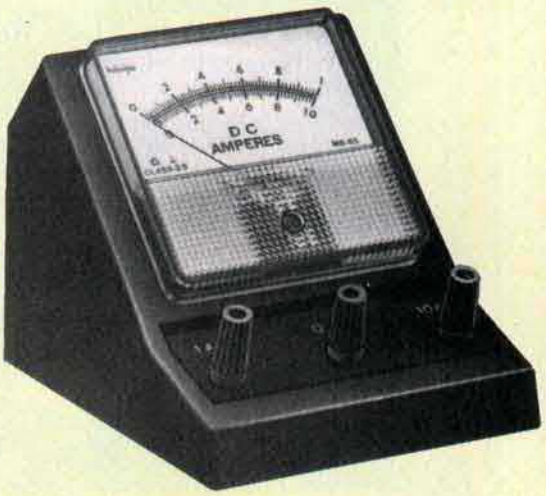


Figura 2.3. *Medidor portátil*

Figura 2.4. *Medidor registrador*

el medidor que tenemos en nuestras casas para registrar el consumo de energía eléctrica cada mes. **Figura 2.5**

• **Indicadores de aguja o análogos:** señalan el valor de la medición sobre un tablero colocado en su parte frontal; sobre este tablero aparece una escala con una serie de líneas (divisiones) identificadas con unos números para indicar el valor de la medida; son los más utilizados pero tienen algunas desventajas como: lectura no muy exacta, posibilidades de error al hacer la lectura y se deben ajustar a cero cada vez que se va a hacer una lectura. **Figura 2.6**

• **Indicadores de lectura digital:** aprovechan la tecnología digital y por medio de *displays* o pantallas de cristal líquido (LCD) indican los valores de la medición. Tienen ventajas sobre los

Figura 2.6. *Medidor análogo o de aguja*

analógicos pues la lectura es más fácil, rápida y de gran precisión.

En la actualidad son los preferidos en el mundo de la electrónica. **Figura 2.7**

Como lo mencionamos en la introducción, inicialmente vamos a considerar tres aparatos para medida: el amperímetro, al voltímetro y el óhmetro.

El amperímetro

Es un aparato diseñado para medir la intensidad de la corriente eléctrica o amperaje que circula a través de un circuito eléctrico o electrónico.

Figura 2.5. *Contador*

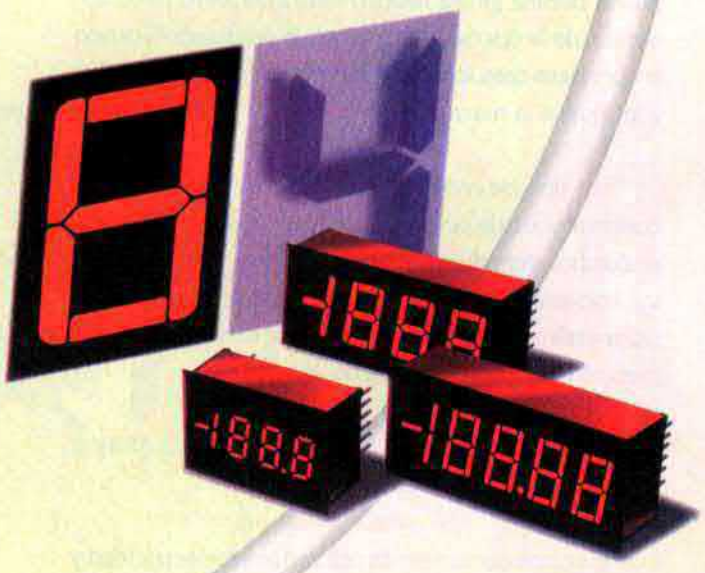


Figura 2.7. *Medidores digitales*

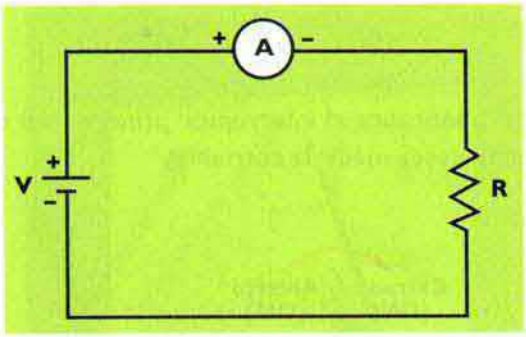


Figura 2.8. Conexión de un amperímetro en un circuito de CC

El objeto que se persigue al utilizar un amperímetro es medir la corriente que pasa por algún componente de un circuito electrónico. Para medir la corriente que circula a través de dicho componente, ésta debe pasar también por el instrumento de medida; por tanto, el amperímetro debe entrar a formar parte de circuito y estar conectado en *serie* con el elemento que se prueba. **Figura. 2.8**

Si ocasionalmente se conectan los dos terminales del amperímetro directamente a los bornes de la batería o a los del componente, se produce un cortocircuito y por lo tanto el instrumento se destruye.

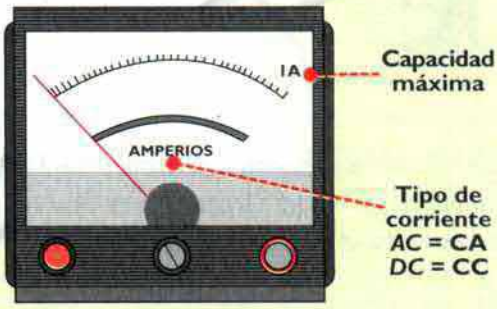
Medición de intensidad

Pasos que se deben seguir para hacer la medición:

Primer paso seleccionar el amperímetro según:

a. Capacidad de medida máxima

b. Clase de corriente: continua (CC) o alterna (CA)



Partes de un amperímetro con indicador de aguja

Tablero: ubicado en la parte frontal; sobre él aparecen una serie de líneas o divisiones y sobre ellas un número.

Magnitud que mide el aparato: en este caso *AMPERIOS*; indica que el aparato es un amperímetro y su escala está dada en amperios.

Escala: es la serie de divisiones grabada sobre el tablero.

Aguja: es una lámina metálica muy delgada y liviana que gira sobre uno de sus extremos, mientras que con el otro señala el valor de la corriente.

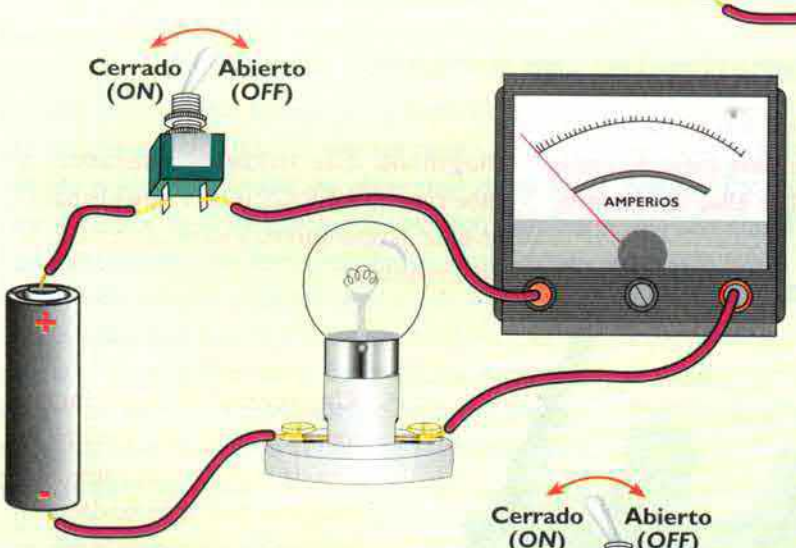
Capacidad de medida: es el valor máximo de medida sobre la escala. La capacidad máxima está localizada en el extremo derecho de la misma.

Tornillo de ajuste a cero: con un pequeño destornillador de pala se ajusta la aguja a cero, operación que se debe hacer para lograr medidas de corriente con buena precisión.

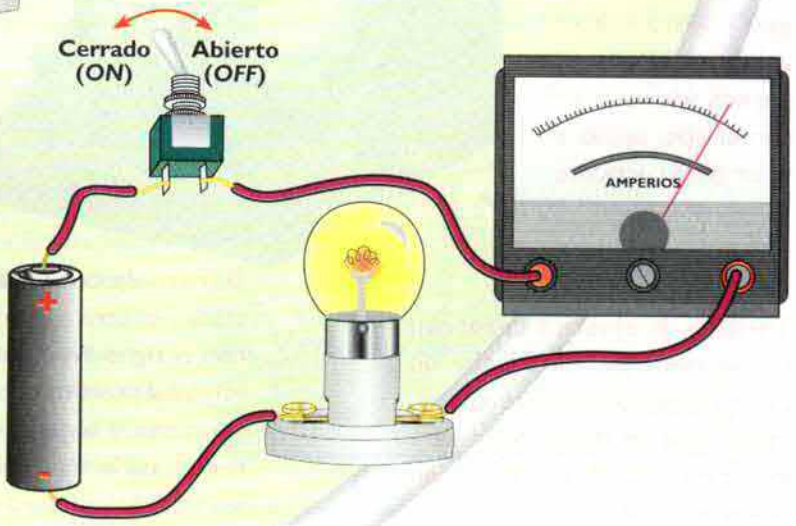
Bornes de conexión: uno de ellos corresponde a la entrada y el otro a la salida de la corriente. Vienen marcados con el signo + y −, cuando se mide corriente continua. El terminal positivo (+) se conecta al punto de entrada de la corriente, y el terminal negativo (-) al de salida; si se conectan en forma errónea, la aguja se desplazará en sentido contrario y puede averiarse el aparato.

Segundo paso: abra el interruptor principal del circuito donde desea medir la corriente.

Tercer paso: desconecte uno de los conductores que forman parte del circuito, para que en este punto conecte el amperímetro.



Cuarto paso: conecte el amperímetro en serie con el circuito, tal como se muestra en la figura. Asegúrese de conectarlo con la polaridad correcta.



Quinto paso: verifique las conexiones y cierre el interruptor principal del circuito. Colóquese frente al aparato de tal manera que usted vea la aguja de frente al tablero. Al efectuar la lectura en la escala debe tener en cuenta los dos números, escritos en ella, entre los cuales se ha detenido la aguja.

Figura 2.9. Amperímetro del ejemplo

Analicemos un ejemplo:

En la **figura 2.9** observamos un amperímetro con escala de 0 a 5 amperios. Al efectuar la medición, la aguja se ha detenido entre 3 y 4 amperios.

- Si se observa la lectura ella marca un valor superior a 3 amperios, pero menor a 4 amperios.
- Tenga en cuenta la cantidad de espacios o subdivisiones entre 3 y 4. Cuente la cantidad de espacios pequeños entre los dos números.
- Encontró cinco espacios ¿verdad?
- ¿Cuánto valdrá cada espacio?
- Efectúe la siguiente operación: reste del mayor el menor: 4-3 = 1
- Divida el resultado entre la cantidad de espacios: 1÷5 = 0,2 o sea que cada espacio vale 0,2 amperios. Como son 4 los espacios que recorrió la aguja tenemos: 4 espacios x 0,2 = 0,8 amperios.
- Si al número 3 de la escala se le suma este valor tenemos: 3 amperios + 0,8 amperios. La lectura total será 3,8 amperios.

¿Qué significa conectar el amperímetro en serie?

Si observamos la **figura 2.10**, el amperímetro se ha conectado entre la batería y la bombilla, de la siguiente forma: el terminal positivo (+) de la batería con el borne positivo (+) del amperímetro, y el borne negativo (-) del amperímetro con el borne de la bombilla que no está conectada al terminal negativo (-) de la batería. Si usted observa con detenimiento, la corriente tiene una sola trayectoria, es decir, sale de la batería, pasa por la bobina del amperímetro, sigue por el filamento de la bombilla y finalmente regresa a la batería. Recuerde que en esta obra hemos adoptado el sentido convencional de la corriente.

Para que usted se familiarice con la **conexión en serie** le damos un ejemplo. En Navidad se emplean unos juegos de pequeñas bombillas para los diferentes arreglos; si una de ellas se funde las demás dejan de encender. Cuando se funde una bombilla cualquiera, produce el mismo efecto que al abrir el interruptor del circuito. Si la corriente no puede circular a través de una bombilla tampoco lo puede hacer por el resto de ellas. Cambiando la bombilla defectuosa se permite el paso de la corriente por todo el circuito.

Podemos concluir que cada aparato conectado en serie debe tener la misma corriente que el resto, porque existe solamente un camino por el cual esta puede circular.

Precauciones y medidas de seguridad con el amperímetro

- Conecte **SIEMPRE** el amperímetro en serie.
- Antes de cualquier medición observe que la aguja esté en cero, si no lo está, póngala en cero usando el tornillo de ajuste correspondiente.
- Utilice la escala adecuada para evitar golpes de la aguja en los extremos de la escala.
- Evite golpear el instrumento, no lo exponga al sol y no lo guarde en lugares húmedos.

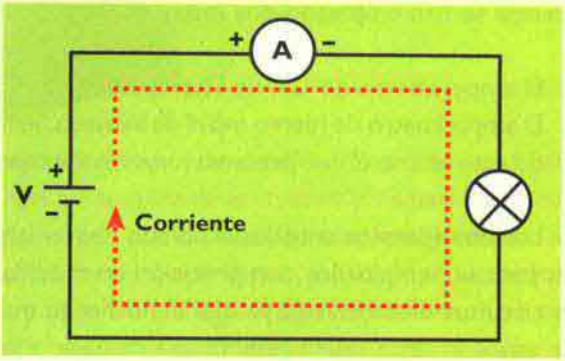


Figura 2.10. Conexión en serie

Figura 2.11. *Amperímetro con rectificador incorporado*

Instrumentos para medir corriente alterna

El instrumento que hemos estudiado no puede ser usado en un circuito de corriente alterna, debido a que el cambio de dirección de la corriente hace que el campo magnético cambie constantemente de dirección. Estos cambios suceden con mucha rapidez y dan por resultado que la aguja solamente vibre y permanezca estacionaria en el punto cero de la escala, ya que al recibir un impulso en una dirección, antes de que tenga tiempo de moverse, recibe un impulso en la dirección opuesta.

En la medición de corriente alterna de baja frecuencia se han empleado dos instrumentos:

1. El amperímetro de CA de Thompson.
2. El amperímetro de hierro móvil de Weston. Siendo éste último el que presenta mayores ventajas.

Los dos aparatos anteriores no son convenientes para ser empleados con precisión en medidas en circuitos electrónicos, ya que el hecho de medir una corriente relativamente alta da lugar a indicaciones inexactas.

Figura 2.12. *Diferentes tipos de amperímetros*

Las ventajas ofrecidas por los instrumentos para corriente continua (CC), es decir, su alta sensibilidad y bajo consumo de corriente, pueden utilizarse en circuitos de corriente alterna (CA) mediante el empleo de *diodos rectificadores*, que permiten el paso de la corriente en una *sola dirección*. El tema de los diodos se estudiará en la sección de Componentes. **Figura 2.11**

Estos aparatos comercialmente se conocen como de bobina móvil con rectificador incorporado. Pueden ser usados para frecuencias entre 25 y 60 *ciclos por segundo*. Para medir corrientes muy elevadas se pueden usar con la ayuda de transformadores de medida. Sus principales ventajas son: la facilidad de lectura, por la forma de sus escalas y su resistencia a los campos magnéticos externos. Estos instrumentos son adecuados para montajes en tableros, paneles de control y consolas de máquinas-herramientas, etc. **Figura 2.12**

Sin embargo, independiente de su construcción, un amperímetro para corriente alterna también debe ser conectado en serie. **Figura 2.13**

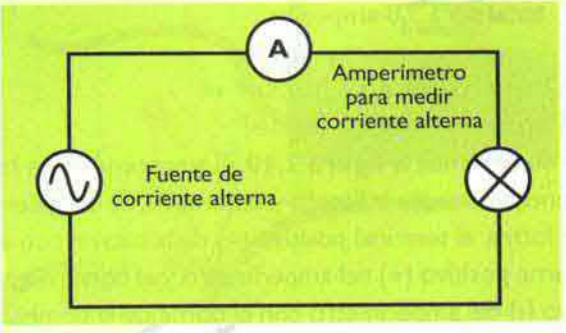


Figura 2.13. *Conexión de un amperímetro en un circuito de CA*

Figura 2.14. *Voltímetros usados en electrónica y sus símbolos*

El voltímetro

Es un instrumento diseñado y utilizado para medir voltaje o tensión eléctrica ya sea de corriente continua o de corriente alterna. Este voltaje se puede encontrar en una fuente de energía eléctrica como una pila, una batería o en un tomacorriente por ejemplo, o entre dos puntos cualquiera de un circuito eléctrico o electrónico.

Su funcionamiento está fundamentado en el instrumento básico que es el amperímetro, el cual, como todos los aparatos de medida análogos, se basa en el galvanómetro de D´arsonval, ya que es necesario que circule una corriente muy pequeña por una bobina móvil, para que ésta haga mover la aguja sobre la escala. Por tanto, el voltímetro está construido utilizando el mismo sistema electromecánico del amperímetro, es decir, un conjunto formado principalmente por imanes, una bobina y una aguja tal como lo explicamos anteriormente. En el caso del voltímetro, se añade una resistencia en serie con la bobina móvil con el fin de limitar la corriente que circula por ella y así lograr que la aguja se mueva con un recorrido normal dentro de la escala. **Figura 2.14**

El voltímetro se conecta en paralelo con la fuente o con el receptor de la corriente, en este caso una bombilla que actúa como carga. **Figura 2.15**

Dado que el voltímetro tiene una resistencia muy grande, puede hacerse esta conexión en paralelo a través de dos puntos del circuito, sin afectar su funcionamiento. Entre más grande sea la resistencia interna del voltímetro, menor es el efecto que se produce al conectarlo cuando hacemos la prueba. Esto lo explicaremos mejor en otra lección de este curso ya que es muy importante tenerlo en cuenta.

Los voltímetros se fabrican con diferentes rangos o escalas según el voltaje máximo que se vaya a medir con ellos; por ejemplo de 0 a 5 V, 0 a 15 V, 0 a 30 V, 0 a 50 V, 0 a 150 V, y 0 a 300 V, entre otros. Según el tipo de corriente que se va a medir, los hay de dos tipos: de corriente continua y de corriente alterna. Según la forma de montaje también hay diferentes tipos siendo los más conocidos los de tablero y los portátiles, igual que en el caso de los amperímetros. **Figura 2.16**

En el momento de la conexión de cualquier voltímetro, ya sea de corriente continua o de corriente alterna, es necesario conocer aproximada-

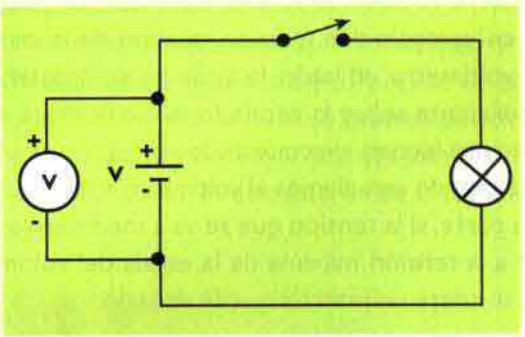


Figura 2.15a. *Conexión del voltímeto para medir el voltaje de la pila (fuente)*

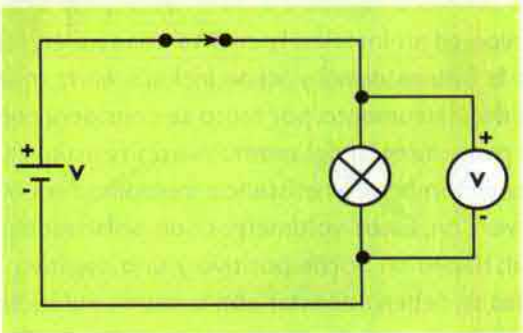
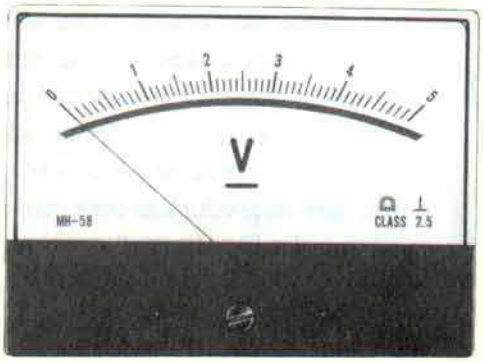
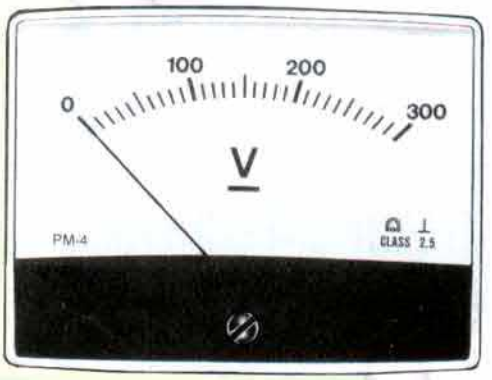


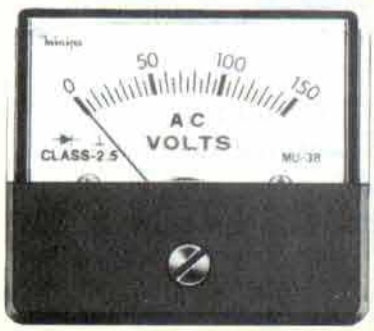
Figura 2.15b. *Conexión del voltímetro para medir el voltaje en la bombilla (carga)*

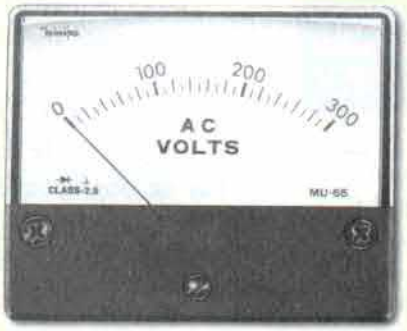
Figura 2.16.
Diferentes tipos de voltímetros



a. Voltímetros de corriente continua para tablero







b. Voltímetros de corriente alterna para tablero

c. Voltímetro portátil de corriente continua

mente el voltaje que se puede encontrar en ese punto de medida con el fin de utilizar un instrumento con la escala adecuada. Por ejemplo, si la tensión o voltaje que se va a medir es muy pequeña, en comparación al valor máximo de la escala del voltímetro utilizado, la aguja no se desplazará lo suficiente sobre la escala, lo que dificultará obtener una lectura exacta; esto lo veremos más adelante cuando estudiemos el voltímetro múltiple. Por otra parte, si la tensión que se va a medir es superior a la tensión máxima de la escala del voltímetro, se corre un gran riesgo de dañarlo.

El voltímetro de corriente continua

Éste tiene una resistencia de un valor muy alto en ohmios en su interior, la cual se conecta en serie con la bobina móvil y viene incluida en la misma caja del instrumento, por tanto se considera como una parte integral del mismo. A esta resistencia se le da el nombre de resistencia multiplicadora o de conversión. Estos voltímetros son polarizados, es decir, tienen un borne positivo y uno negativo los cuales se deben conectar con la misma polaridad a la fuente de voltaje que se está midiendo. Si un voltímetro de CC se conecta en forma invertida, la aguja se desplazará hacia la izquierda y si el voltaje es muy alto, el instrumento se puede averiar.

El voltímetro de escalas múltiples

Existe un modelo especial de voltímetro de corriente continua el cual, por construcción, tiene varias escalas utilizando el mismo tablero; se utilizan para montajes electrónicos, en reparaciones y en laboratorios de experimentación. Sin embargo, debido a la gran popularidad y el bajo costo que han alcanzado los multímetros (tema que trataremos más adelante), ya no son tan comunes. Su aspecto físico es similar al de los amperímetros múltiples y cuenta con varias resistencias internas para ampliar el rango de medida, y con la ayuda de una perilla selectora, se escoge el rango de medida de cada escala. Por diseño, estas escalas se construyen usando múltiplos unas de otras. **Figura 2.17**

Observando la fotografía, vemos que el voltímetro tiene los siguientes rangos de medida: de 0 a 6V; de 0 a 12V; de 0 a 30V; de 0 a 60V; de 0 a 120V; de 0 a 300V y de 0 a 600V; en total son siete rangos.

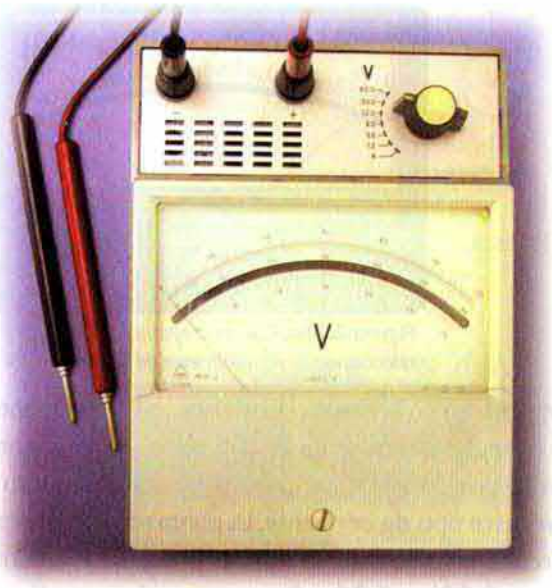


Figura 2.17. Voltímetro múltiple

En el tablero se pueden observar tres escalas:

1. 0 a 30 voltios
2. 0 a 60 voltios
3. 0 a 120 voltios

Mediante la perilla selectora de escalas el usuario puede seleccionar el rango que más le convenga. La selección de la escala para cada caso es muy importante con el fin de lograr la mayor precisión en la medida y evitar daños irreparables en el voltímetro. Por ejemplo: si fuéramos a medir una tensión de 12 voltios y usáramos una escala de 0 a 300V, la aguja indicadora apenas se movería, pues dentro de la escala 12 voltios sólo corresponden a unas pocas líneas después del cero. **Figura 2.18**

La medida se obtendría con mayor precisión si se hace en la escala de 0 a 30 voltios, ya que en ella se pueden leer los 12 voltios con una mayor claridad. **Figura 2.19**

Si se trata de medir un voltaje alto usando una escala baja, lo más seguro es que se dañe el instrumento si no cuenta con una buena protección, la cual no existe en la mayoría de los voltímetros de tablero. Por ejemplo: si queremos medir un voltaje de 120 voltios y utilizamos la escala de 0 a 30 voltios, estamos sobrecargando el voltímetro y se ocasionarían dos daños casi irreparables en el aparato así:

1. La aguja del voltímetro choca bruscamente en el tope derecho y se puede doblar.
2. Se pueden quemar la bobina móvil y las resistencias de conversión del voltímetro.

Para su empleo normal, el voltímetro de escalas múltiples debe disponer de dos cables o puntas de prueba instalados en sus bornes. Como ya lo mencionamos, en la actualidad el voltímetro de escalas múltiples se encuentra incorporado en otro instrumento de medida llamado ***multímetro***, mucho más funcional y de mayor utilidad para un técnico en electrónica, el que estaremos estudiando más adelante.

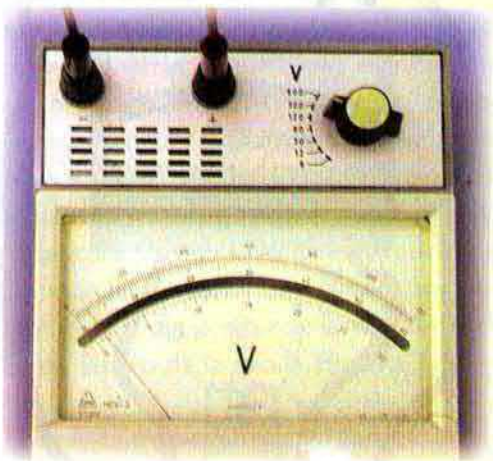


Figura 2.18. *Lectura de una tensión de 12V sobre una escala de 300V. Poca precisión*

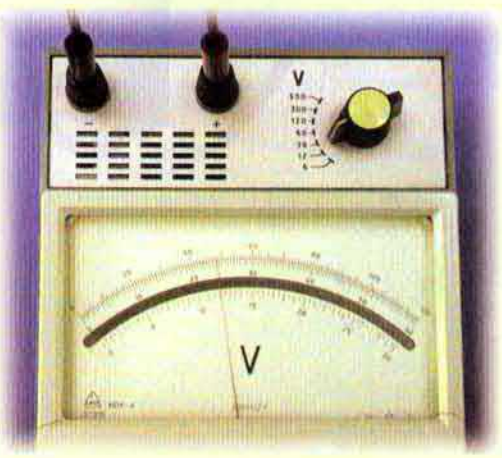


Figura 2.19. *Lectura de una tensión de 12V sobre una escala de 30V. Buena precisión*

Medida de un voltaje

Para medir un voltaje se deben seguir estos pasos:

Primer paso. Seleccione el voltímetro según:

a. Capacidad de medida máxima. **Figura 2.20a**

b. Clase de corriente: continua (CC) o alterna (CA)

c. La aguja debe estar sobre el cero de la escala; si no lo está, ajústela con el tornillo de ajuste en cero.

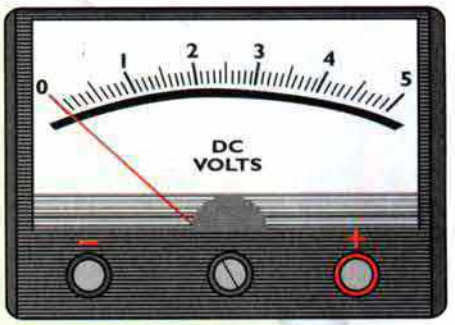


Figura 2.20a. *Para este ejemplo, seleccionamos un voltímetro de CC de 0 a 5V*

Segundo paso. Coloque las dos puntas de prueba del instrumento en paralelo con el circuito, o el elemento del mismo donde se desea medir el voltaje. Como en el ejemplo vamos a medir un voltaje de corriente continua, tenga en cuenta que las dos puntas o terminales de prueba son generalmente una de color rojo y la otra de color negro, para diferenciar la polaridad que tiene este tipo de corriente. La punta roja se conecta sobre el borne positivo (+) de la batería o el punto del circuito en el cual se va a medir el voltaje y la punta negra se conecta al borne negativo (–) de la batería, **figuras 2.20b** y **2.20c.** Si invertimos la conexión, la aguja del voltímetro no se desplazará de izquierda a derecha; lo hará en sentido inverso sobre el tablero de medida. Esta inversión del movimiento de la aguja la puede dañar o destruir totalmente.

Tercer paso. Efectúe la lectura colocándose frente al instrumento.

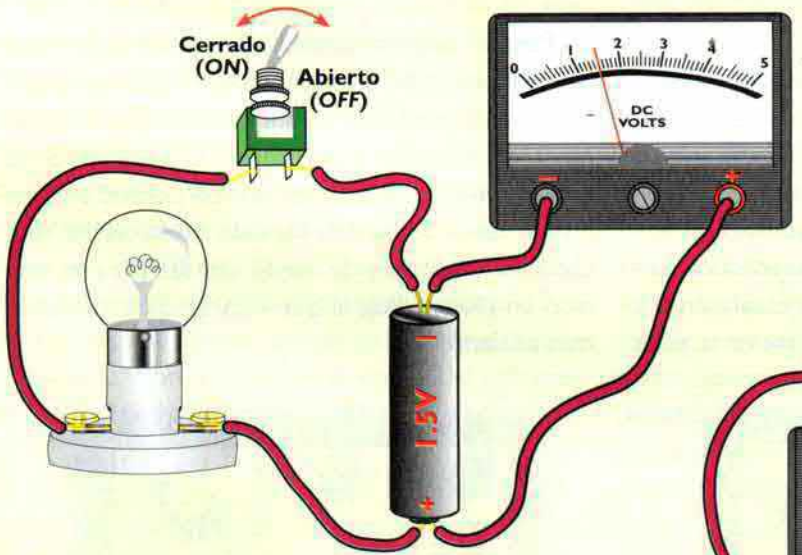


Figura 2.20b. *Midiendo el voltaje en la pila con el circuito abierto*

Figura 2.20c. *Midiendo el voltaje en la bombilla con el circuito cerrado*

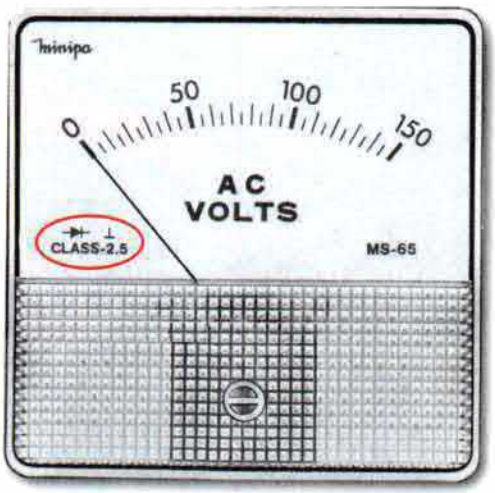


Figura 2.20. *El voltímetro de corriente alterna*

El voltímetro de corriente alterna

Como lo habíamos expresado en los amperímetros para CA, los voltímetros para CC no pueden ser utilizados para hacer mediciones en circuitos de CA; por tanto, es necesario contar con un sistema de conversión de corriente alterna en continua, llamado rectificador, el cual estudiaremos en otra lección y que viene incorporado dentro del aparato, lo que se indica mediante el símbolo de un diodo en el tablero. **Figura 2.20**

La medida obtenida en este tipo de voltímetros se denomina tensión *eficaz*. Este valor eficaz es el que se emplea normalmente en el lenguaje común de la terminología eléctrica. Por ejemplo: si decimos que hay un voltaje alterno de 220 voltios de empleo doméstico o industrial, estamos hablando de la tensión eficaz. Éste es un tema muy importante y lo estudiaremos en la lección correspondiente a las características de la corriente alterna.

El óhmetro

Después de haber visto el funcionamiento de un amperímetro y de un voltímetro es importante conocer un tercer aparato básico de medida, nos referiremos al óhmetro, instrumento que sirve al técnico electrónico para:

1. Medición o comprobación de las resistencias
2. Probar la continuidad eléctrica en los circuitos
3. Probar el aislamiento o contacto a tierra de un elemento o aparato electrónico.

Se llama óhmetro porque su función principal es medir resistencia, cuya unidad de medida es el ohmio. El óhmetro es un aparato que tiene en su interior pilas o baterías (que se deben sustituir al cabo de cierto tiempo de utilización), resistencias en serie y una bobina móvil del mismo tipo que se usó en los dos medidores que tratamos anteriormente. La caja del aparato tiene los dos puntos de conexión denominados bornes, sobre los que se pueden insertar, ejerciendo una cierta presión, los cables o puntas de medida. El método que emplea el óhmetro para medir el valor de una resistencia es muy simple: consiste en hacer circular la corriente de la pila interna por dicha resistencia haciéndola pasar a través del sistema de medida (bobina y aguja). Como el voltaje que suministra la pila es fijo, la corriente que circulará por la resistencia que se va a medir sólo dependerá del valor de la misma; por tanto la intensidad de esta corriente indicará directamente el valor en ohmios que estamos buscando.

El óhmetro dispone de una sola escala graduada de derecha (0Ω) a izquierda (este símbolo ∞ significa infinito), y de un *selector* o interruptor giratorio que permite cubrir todos los valores de resistencias que se dan en la práctica, con la precisión requerida. Si solo contáramos con una escala en el tablero para hacer la medida de todas las resistencias, se podrían presentar valores comprendidos entre un ohmio y los cincuenta megaohmios o más; por tanto sería imposible en la práctica, leer sobre la escala, ya que debería tener miles de divisiones. Por lo tanto, se ha dividido todo este amplio margen de valores en varios rangos de medida, diferentes en su número, según la calidad, precisión y por lo tanto, el precio del aparato.

Estos rangos de medida están señalados sobre el selector de la forma siguiente:
R x 1 = para medir unidades y decenas
R x 10 = para medir decenas y centenas
R x 100 = para medir centenas y millares
R x 1000= para medir millares y decenas de millar
Figura 2.21

Figura 2.21. *Selector de escalas*

Las mejor precisión se obtendrá en las lecturas comprendidas entre el cero (0) y el cien (100) de la escala. **Figura 2.22**

Midiendo resistencias

Pasos que se deben seguir:

1. Antes de usar el óhmetro para medir el valor de una resistencia es necesario *calibrarlo*. ¿Qué es calibrar el óhmetro? Es lograr que la aguja se desplace exactamente entre cero ohmios y el infinito, así:

a. Calibrar la aguja en la posición infinito (∞): es cuando la aguja está en reposo. Esto se logra después de colocar el óhmetro en una posición horizontal o vertical (de acuerdo a como lo indique el fabricante). La calibración se hace con el tornillo que está ubicado en la mitad del aparato; con un pequeño destornillador de pala lo giramos lentamente hasta poner la aguja sobre el símbolo de infinito (∞). **Figura 2.23**

b. Calibrar la aguja en el cero que está a la derecha sobre la escala: esto se consigue tomando los dos terminales de prueba ya instalados en los bornes del aparato y uniéndolos entre sí por sus puntas metálicas (en cortocircuito); la aguja deberá desplazarse desde su posición de reposo hasta una

Figura 2.22. *Escala del óhmetro*

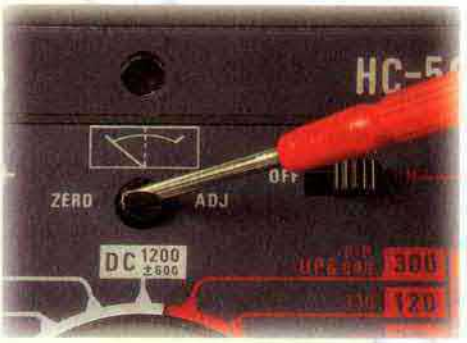


Figura 2.23. *Calibrar la aguja en ∞*

zona próxima al cero; a continuación se mueve una perilla llamada "de ajuste" hasta lograr que la aguja se detenga exactamente sobre el cero de la derecha; a partir de este momento, el óhmetro se encuentra listo para hacer la medida. **Figura 2.24**

Nota: se debe tener en cuenta que si es necesario cambiar la posición del selector, es decir, cambiar de escala, es preciso repetir la operación de calibración del cero a la derecha.

2. Separe las puntas de prueba y llévelas a los extremos de la resistencia que se va a medir, haciendo una pequeña presión con los extremos de las puntas de medida sobre los terminales

Figura 2.24. *Calibrar la aguja en 0*

Figura 2.25. *Midiendo una resistencia*

de la resistencia o el componente que se quiere chequear. La aguja del instrumento marcará un valor en la escala, el cual debe multiplicarse por el valor que señala el selector. **Figura 2.25**

3. En el caso de que la resistencia que se desea comprobar se encuentre sobre un circuito, hay que tener la *precaución de desconectar* cualquier alimentación de corriente eléctrica que exista en éste, ya que provocaría una corriente adicional a la propia del óhmetro y la lectura de la resistencia sería incorrecta. Además el aparato se podría averiar si esta corriente es demasiado alta.**Figura 2.26**

4. Si la resistencia que se va a medir está unida eléctricamente con otra resistencia o cualquier otro elemento, se alterará la medida, ya que parte de la corriente empleada por el óhmetro circulará inevitablemente por ellos, obteniéndose un resultado con un valor inferior al real; por lo tanto y para mayor seguridad, es recomendable desmontar el componente y probarlo en forma aislada. **Figura 2.27**

Midiendo continuidad

Un segundo uso del óhmetro, de mucha importancia en electricidad y en electrónica, es la medida de *continuidad*. ¿Qué es continuidad? Es algo que no tiene interrupción, es decir, que fluye en forma continua o que no está separado físicamente.

Muchos componentes empleados en electricidad y en electrónica se ven bien en apariencia. Por ejemplo: un conductor eléctrico (alambre o cable), cuando está forrado o aislado, a simple vista no se sabe si tiene continuidad o está interrumpido. Lo mismo puede suceder con un fusible, el filamento de una bombilla, las bobinas de un transformador, las resistencias de aparatos electrodomésticos, interruptores, conectores etc. El óhmetro nos permite hacer este chequeo, así:

1. Cerciórese de que el elemento que se va a medir no esté conectado a ningún tipo de corriente.
2. Coloque el selector en la escala Rx1 ó Rx10. Para esta medida no es absolutamente necesario calibrar el cero de la derecha porque no vamos a tomar valores exactos de resistencia.
3. Tome las puntas de prueba (roja y negra) y colóquelas sobre los extremos del componente que se va a chequear. Si la aguja del óhmetro se mueve

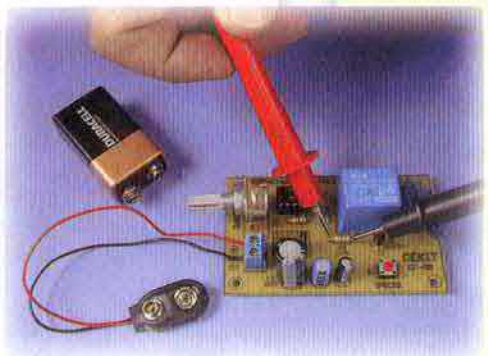


Figura 2.26. *Midiendo una resistencia sobre un circuito sin energía*

Figura 2.27. *Midiendo una resistencia sobre un circuito con un extrema desconectado*

Figura 2.28a. *Midiendo continuidad en un fusible. La aguja marca cero ohmios o sea que está bueno*

Figura 2.28b. *Midiendo continuidad en un fusible. La aguja marca infinito o sea que está malo*

es porque existe continuidad y por tanto el elemento está bueno; si la aguja no se mueve no hay *continuidad*. Si es un fusible, éste debe ser reemplazado por uno bueno; si es un conductor y no hay continuidad, se debe cambiar.**Figura 2.28**

Midiendo fugas de aislamiento o contacto a tierra

¿Qué son fugas de aislamiento o contacto a tierra? En muchas ocasiones se dan contactos de conductores desnudos sobre la estructura metálica interna de un electrodoméstico, aparato de medida, equipo industrial, etc. La persona que maneja estos aparatos queda expuesta a sufrir un choque eléctrico si llega a tocar su estructura o caja metálica después de conectar a la energía eléctrica el aparato.

Figura 2.29. *Midiendo contacto a tierra. La punta de prueba de color rojo en uno de los conductores de alimentación*

Los pasos que se deben seguir para medir fugas de aislamiento son los siguientes:

1. Observe que el equipo que se va a chequear no esté conectado a la energía eléctrica.

2. Coloque el selector en Rx1 ów Rx10. No es absolutamente necesario calibrar el cero derecho del óhmetro.

3. Tome las puntas de prueba y colóquelas así:

a. La punta roja de prueba sobre uno de los conductores de alimentación del equipo que se va a probar. **Figura 2.29**

b. La punta negra se coloca haciendo contacto con el *chasis* o caja metálica en un sitio donde no tenga pintura (la pintura es aislante).Si es necesario raspe un poco en alguna parte de la caja para obtener un buen contacto. **Figura 2.30**

Si la aguja se mueve, existe un contacto a tierra; si no se mueve, el conductor que se está probando está bueno. Como los conductores de alimentación son dos, cambie la punta roja del óhmetro al otro conductor que no ha probado y tenga en cuenta las dos posibilidades anteriores así:

- Si la aguja del óhmetro se mueve, hay contacto a tierra; si no se mueve, el conductor está bueno.
- Si existe contacto a tierra es necesario abrir el equipo y hacer la reparación necesaria.

En una próxima lección abordaremos el tema del multímetro, donde retomaremos nuevamente lo relacionado con el óhmetro, ya que éste hace parte de este instrumento.

Figura 2.30. *Midiendo contacto a tierra*

Lección 3

El multímetro

El multímetro es el instrumento más común entre los equipos de medida usados hay en día en electrónica; éste nos permite hacer las medidas más frecuentes y necesarias en los circuitos eléctricos y electrónicos como son voltaje, resistencia, continuidad, y corriente. Por lo tanto, es recomendable que este instrumento no le falte al técnico o al aficionado dentro del grupo de herramientas y equipos necesarios para efectuar todo el conjunto de medidas de comprobación y ajuste, fundamentales para una correcta puesta a punto de un aparato averiado o en proceso de diagnóstico. Además, es necesario aprender a manejarlo correctamente con el fin de aprovechar su utilidad.

Introducción

El multímetro es el instrumento universal para trabajar en electrónica, desde tareas a un nivel básico hasta las más complejas. Es un instrumento multifuncional, ya que con él se pueden efectuar diferentes medidas. Por ello también se le conoce con los nombres de: multiprobador, polímetro y, en inglés *multitester* o *multimeter*. Las medidas más usuales que se pueden hacer con él son las siguientes:

- Medida de voltaje en corriente continua
- Medida de voltaje en corriente alterna
- Medida de intensidad en corriente continua
- Medida de resistencia
- Medida de continuidad

Algunos modelos más recientes, incluyen la posibilidad de hacer otras medidas y pruebas, como: de transistores y diodos, condensadores, frecuencia, temperatura, etc. El resultado de la medida se puede presentar de dos formas, lo que conduce a dos grandes grupos: los multímetros análogos y los digitales.

El multímetro análogo

Este instrumento permite tomar las medidas por medio del desplazamiento de una aguja que indica el valor medido sobre unas escalas calibradas, en forma similar a los instrumentos básicos de medida vistos anteriormente. Es el instrumento más comúnmente usado por los técnicos en electrónica y, a pesar de que se fabrica desde hace mucho tiempo, permanece como una ayuda importantísima en el trabajo electrónico.

El multímetro análogo tiene en su interior incorporadas normalmente, una, dos o cuatro pilas de 1,5 voltios, o una de 9V, que son necesarias para su funcionamiento. **Figura 3.1**

Desde el punto de vista operativo, el multímetro análogo consta básicamente de los elementos que puede observar en la **figura 3.2**

Los elementos puden variar de un modelo a otro; sin embargo, en todos se mantiene una estructura básica muy similar a la que aquí mostramos. Los multímetros análogos están formados por dos partes principales:

Cuadro o panel superior, formado por:

a. Las escalas calibradas para medir las diferentes funciones. La escala superior siempre está destinada para medir resistencia (ohmios).

b. Espejo reflector, el cual ayuda a corregir el *error de paralaje*, así: sobre el espejo, y dependiendo del ángulo en que se haga la lectura, se pueden ver dos agujas: la real y la reflejada, lo que daría la posibilidad de una lectura poco fiable. Por tanto, para una buena lectura, el usuario se debe colocar frente a la aguja de tal manera que sólo vea una de ellas.

c. La aguja, la cual nos indica el valor de la lectura. El mecanismo, empleado para desplazarla, es del tipo de bobina móvil. Su funcionamiento es igual al del amperímetro, es decir, para cualquier medida es necesario que se produzca una corriente capaz de excitar la aguja.

Cuadro inferior, el cual incluye:

a. Perilla selectora de funciones y escalas, constituida por un interruptor conmutable (que puede cambiar de posición) giratorio que permite fijar las condiciones de medida más apro-

Figura 3.1. *Pilas en el interior del multímetro*

Figura 3.2. *Aspecto de un multímetro análogo*

piadas, dependiendo de la función que se va a medir. Para poder tomar las medidas, el aparato conecta en su interior un conjunto de resistencias que ayudan a cada tipo de medida. Todo el conjunto va montado sobre una tarjeta de circuito impreso. La perilla selectora cumple con dos funciones. Por un lado, selecciona la función (voltímetro, óhmetro, amperímetro) y por el otro el rango de medida. Para este último propósito cuenta con varias escalas con el fin de obtener la mejor precisión en cada escala y magnitud. Girando esta perilla, podemos seleccionar al mismo tiempo la función y el rango de medida de la misma. Por ejemplo, en la **figura 3.3**, la perilla está ubicada en la función para medir voltaje en CA y en la escala de 120 voltios. Por otra parte, todas las medidas en la escala de resistencia requieren que sobre el componente o circuito que se va a comprobar se haga circular cierta corriente, la cual será la encargada de mover la aguja. Esta corriente ha de ser suministrada por el instrumento por medio de las pilas o baterías que se encuentran en su interior, las

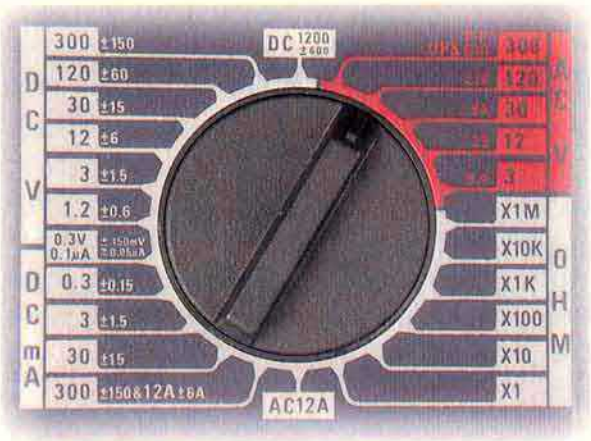


Figura 3.3. *Posición para medir voltaje en corriente alterna*

cuales será necesario sustituir después de cierto tiempo de uso.

b. Dos, tres o cuatro puntos de conexión, denominados clavijas o bornes (hembra), en los cuales se puede insertar, ejerciendo una cierta presión, la clavija (macho) de las puntas de prueba.

c. Dos cables, uno de color rojo y otro de color negro llamados **puntas de prueba,** usados para hacer las mediciones. Son de dos colores para permitir diferenciar la polaridad de los puntos que se van a medir, sobre todo si se trata de medida de voltaje o corriente continua.

d. Perilla para calibrar el ajuste en cero en la función para medir resistencia. Su funcionamiento lo explicaremos más adelante.

Como usted puede observar, en el cuadro inferior existen una serie de siglas que son tomadas del idioma inglés. Su significado es el siguiente:

Inglés	Español	
DCV	VCC	Voltaje en corriente continua
ACV	VCA	Voltaje en corriente alterna
DC mA	CC mA	Corriente continua en miliamperios
COM	COM	Clavija común
ADJ	Ajuste	Ajuste en cero voltios
Polarity	Polaridad	Para invertir polaridad en CC
Power	Interruptor de encendido y apagado	

Lo primero que se debe hacer antes de efectuar cualquier medida, es leer detenidamente el manual del aparato e identificar cada una de sus partes principales. Primero que todo hay que asegurarse que las puntas de prueba estén conectadas en el sitio correcto. Para ello se deben revisar con detenimiento las letras y símbolos que hay junto a cada borne.

Además, es importante saber que los multímetros existentes en el mercado varían considerablemente en su tamaño, aspecto físico, número de escalas y funciones, costo, calidad, etc., según la marca, modelo y precisión. Si usted entiende bien el manejo del modelo del multímetro que vamos a tratar enseguida, no tendrá ningún problema para conocer después el manejo de cualquier otro modelo.

Por esta razón, lo invitamos a seguir con toda la atención posible la explicación que sigue y no perder detalle alguno en los procedimientos examinados. **Un buen manejo del multímetro es una de las principales habilidades que debe adquirir y mantener todo estudiante, técnico y profesional en electrónica.**

Cuidados con el multímetro

1. Si el instrumento tiene interruptor de encendido y apagado, cuando termine de usarlo siempre déjelo en la posición de apagado.
2. Sustituya periódicamente las pilas o baterías que se encuentran en el interior del instrumento. Si en la escala de resistencia, no es posible calibrar 0Ω con la perilla de calibración, es señal de que las pilas deben ser reemplazadas.
3. Cada vez que se quiera hacer una medida, cerciórese de que la perilla selectora de funciones se encuentre en la posición adecuada. De lo contrario, se pueden causar daños que en la gran mayoría de los casos, dejan el instrumento inservible.
4. También, antes de tomar una medida, asegúrese de que las puntas de prueba estén en buen estado.
5. Como la corriente continua tiene polaridad, positiva (+) y negativa (-), las puntas de prueba se deben conectar de modo que la roja vaya al borne positivo y la negra al negativo. De lo contario la aguja se desplazará bruscamente hacia el lado opuesto de la escala y se puede dañar el mecanismo de bobina móvil.

Funcionamiento del multímetro análogo

A continuación explicaremos cada una de las funciones de nuestro multímetro análogo modelo y la forma de utilizarlo, como óhmetro, voltímetro y amperímetro. Antes de efectuar cualquier medida con un multímetro, es muy importante leer primero el manual del instrumento y familiarizarse con su operación.

Funcionamiento como óhmetro

Por medio de esta función podemos medir el valor de la resistencia, en ohmios, de resistencias, bobinas, alambres, etc. así como efectuar pruebas de continuidad y de aislamiento. Para la medición de resistencias, nuestro multímetro modelo ofrece 6 rangos, identificados como **x1**, **x10**, **x100**, **x1K** , **x10K** y **x1M**. Como veremos más adelante, el valor real de una resistencia se obtiene multiplicando el valor indicado por la aguja en la escala de ohmios (OHM) por el indicado en el rango. Por ejemplo, si la aguja marca **5** y el selector de rango está en **x10K**, la resistencia medida es 5x10K=5x10.000 = 50.000 Ω, es decir 50KΩ.

A continuación aprenderemos a utilizar el multímetro como óhmetro para la medida de continuidad y resistencia. **En ambos casos, es absolutamente necesario que el componente o circuito bajo prueba esté desenergizado, es decir, desconectado de la fuente de alimentación.**

Medida de continuidad

Se llama **continuidad** a una medida de resistencia muy baja, lo que indica generalmente la existencia de una unión directa entre dos puntos. La medida de continuidad es un procedimiento muy común en electricidad y electrónica, especialmente para diagnosticar averías y probar componentes como fusibles, cables, lámparas, parlantes, pistas de circuito impreso, etc. Para efectuar una prueba de continuidad con el multímetro modelo, siga estos pasos:

1. Sitúe la perilla selectora de rango en la posición **x1** ó **x10**.
2. Cerciórese que el componente o circuito bajo prueba esté completamente desenergizado.
3. Asegúrese que el cable de prueba negro esté conectado en el borne marcado **COM -** y el cable de prueba rojo esté conectado en el borne marcado **V-Ω-A, figura 3.4**. En algunos multímetros, este último se marca con el signo **+**.
4. Conecte entre sí los extremos de las puntas de prueba. La aguja debe moverse de izquierda a derecha, casi hasta el fondo de la escala.
5. Con las puntas de prueba unidas, gire lentamente la perilla de ajuste en cero, rotulada como **0Ω ADJ,** hasta que la posición de la aguja coincida con la marca **0** sobre la escala de ohmios (**OHMS**), **figura 3.5.** Si no es posible conseguir esta calibración, es porque las baterías del instrumento necesitan reemplazo.
6. Conecte las puntas de prueba a través del componente o circuito cuya continuidad se desea comprobar. En la **figura 3.6** se muestra, como ejemplo, la medida de la continuidad de una bombilla de 6V, y en la **figura 3.7** la medida de la continuidad de una pista de circuito impreso. Puesto que la función de esta última es unir dos o más puntos, la misma deberá tener una **continuidad** eléctrica, es decir una resistencia muy baja, idealmente cero ohmios. Por esta razón, la aguja se detiene en la posición **0** Ω. Cualquier interrupción será detectada por el instrumento, ya que la aguja no se moverá o la hará muy levemente, indicando que el elemento bajo prueba está abierto o tiene una resistencia muy alta.

Figura 3.4. *Colocación de las puntas de prueba*

Figura 3.5. *Calibración en cero del instrumento*

En el caso de la bombilla, figura 3.6, la lectura corresponderá a la resistencia interna del filamento. Si la aguja no se mueve, significa que el filamento está abierto y, por tanto, la bombilla está inservible. Algunos modelos de multímetros análogos indican la continuidad de una manera audible, utilizando para ello un zumbador (pito), el cual emite un sonido cuando la resistencia del elemento que se prueba tiene un valor por debajo de 100Ω.

Medida de resistencia

La resistencia, como sabemos, es una medida de la oposición que presenta un conductor al paso de la corriente eléctrica. Esta función es muy importante ya que nos permite conocer el valor específico en ohmios de componentes como resistencias, alambres, bobinas de motores, transformadores, relés, etc. Para efectuar una medida de resistencia con el multímetro modelo siga estos pasos:

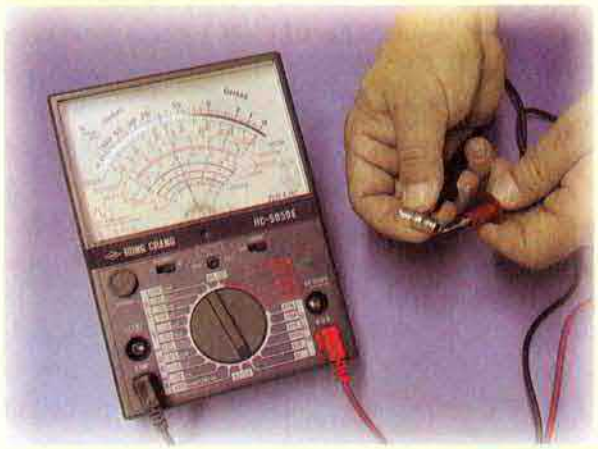


Figura 3.6. *Medida de continuidad de una bombilla*

1. Sitúe el selector de rango en la posición más adecuada para el valor de resistencia que espera medir. En nuestro caso, asumiremos que se va a medir una resistencia de carbón cuyo valor nominal es 100Ω. Por ahora, situaremos inicialmente la perilla selectora en la posición **x1**.

   Nota. El valor nominal de las resistencias de carbón viene marcado sobre su cuerpo siguiendo un código de colores preestablecido, el cual estudiaremos en otra lección. Para una resistencia de 100Ω, en particular, la secuencia de colores es marrón-negro-marrón. Adicionalmente, estas resistencias traen una cuarta banda, generalmente de color dorado, que indica su **tolerancia**, es decir el rango de valores alrededor del valor nominal dentro del cual se encuentra el valor real de la resistencia. El color dorado significa **5%**, lo que indica que el valor real de la resistencia debe estar entre 95Ω y 105Ω.

2. Repita los mismos pasos **2**, **3**, **4**, y **5**, seguidos en la prueba de continuidad para calibrar en cero.

3. Conecte las puntas de prueba a través del componente cuya resistencia se desea comprobar, **figura 3.8**. En nuestro caso, la aguja se detiene aproximadamente sobre la marca 100Ω de la escala. Para encontrar el valor real de la resistencia, en ohmios, simplemente multiplicamos 100Ω por 1, que es el factor de escala del rango seleccionado (**x1**), obteniendo 100Ωx1=100 Ω.

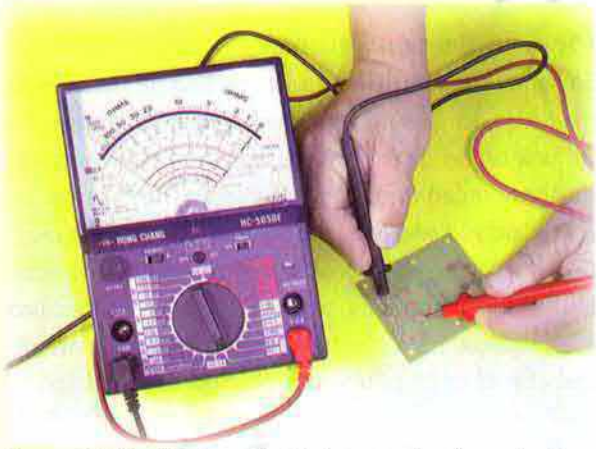


Figura 3.7. *Medida de continuidad en una pista de un circuito impreso*

Figura 3.8. *Medida de una resistencia de 100Ω*

Sitúe ahora el selector de rango en la posición **x10**. Repita los pasos para calibrar la aguja en 0, conecte las puntas de prueba a través de la resistencia e interprete la lectura obtenida. Ahora, la aguja debe detenerse en la marca 10 de la escala o muy cerca de ella, por ejemplo **9,6.** Para encontrar el valor real de la resistencia, multiplicamos el valor leído (9,6) por 10, que es el factor de escala del rango seleccionado (x10), obteniéndose 9,6x10 = 96 Ω que es un valor más preciso que el anterior.

Midamos ahora una resistencia de 1.000Ω, **figura 3.9**, manteniendo el selector de rango en la posición **x10.** Al tomar la lectura sobre la escala se obtiene un valor de 100Ω. Como la perilla selectora está en **x10**, tenemos 100Ω x10 =1.000Ω. En general, cada vez que se cambia la posición del selector de rango, debe repetirse la secuencia de calibración en cero de la escala. Como regla práctica, escoja siempre un rango que provoque el desplazamiento de la aguja hacia la parte central de la escala, donde las medidas son más precisas.

Funcionamiento como voltímetro para corriente continua (CC)

La medición de voltajes en CC es una de las funciones básicas de un multímetro, debido a que la mayor parte de los circuitos electrónicos operan a partir fuentes de alimentación, pilas o baterías de CC. Para la medición de voltajes en CC, nuestro multímetro modelo ofrece 8 rangos, identificados como 0.3V, 1,2V, 3V, 12V, 30V, 120V, 300V y 1.200V sobre el sector del selector marcado como **DCV**. Como ejemplo, consideremos el caso de medir el voltaje de una batería de 9V. Para hacerlo, siga estos pasos:

1. Asegúrese que el cable de prueba negro esté conectado en el borne marcado COM (-) y el cable de prueba rojo esté conectado en el borne marcado **V-Ω-A**. De lo contrario, la aguja se desplazará bruscamente en sentido opuesto de la escala y se puede averiar.
2. Sitúe la perilla selectora de rango en la posición de 12VDC. Si se coloca en una escala menor, la aguja sobrepasará el rango y puede dañarse. En el caso contrario, en una escala muy grande (por ejemplo 120V), la aguja no alcanzará un desplazamiento considerable y su lectura se hará difícil y poco precisa.
3. Sitúe el interruptor de polaridad, marcado como **POLARITY**, en la posición **+**.
4. Conecte la punta de prueba negra al lado negativo del elemento o circuito bajo prueba y la punta de prueba roja al lado positivo del mismo, **figura 3.10.** Interprete la lectura de la misma forma como la haría con un voltímetro de CC.

Funcionamiento como voltímetro para corriente alterna CA

Las fuentes de voltaje en corriente alterna son también muy comunes en el mundo eléctrico y electrónico. Por ejemplo, los tomacorrientes de nues-

Figura 3.9. *Medida de una resistencia de 1.000Ω*

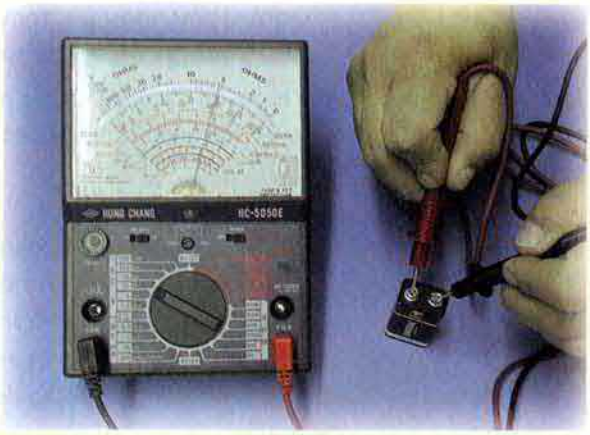


Figura 3.10. *Medida del voltaje de una batería de 9 voltios*

Figura 3.11. *Medida de voltaje en CA*

tros hogares y los transformadores de alimentación de los aparatos electrónicos, son fuentes de CA. Por esta razón, los multímetros también incorporan la función de medida de voltajes en CA.

Para este propósito, nuestro multímetro modelo ofrece 6 rangos, identificados como 3V, 12V, 30V, 120V, 300V y 1.200V sobre el sector del selector marcado como **ACV**. Las mediciones se hacen siguiendo el mismo procedimiento que para voltajes en CC. En este caso no es importante la posición de las puntas de prueba, puesto que la corriente alterna no tiene polaridad. Como ejemplo, consideremos la medición del voltaje disponible en un multitoma o tomacorriente múltiple de 120VCA, **figura 3.11.** En este caso, la perilla selectora debe colocarse en 300ACV (voltios CA). La lectura se interpreta en la misma forma que con un voltímetro de CA . Si la lectura obtenida es inferior a 120V, la perilla selectora se puede pasar a la escala de 120 ACV para obtener un valor más exacto.

Funcionamiento como amperímetro para medida de intensidad en CC

La medida de intensidades en corriente continua es muy común en electricidad y electrónica para estimar el consumo de potencia de circuitos completos o partes de ellos. Para esta función, nuestro multímetro proporciona 5 rangos: uno identificado como 0,1µA y los otros cuatro como **0,3**, **3,30** y **300** sobre el sector del selector marcado como **DCmA**. Las mediciones se efectuan e interpretan de la misma manera que con un amperímetro para CC, es decir conectando el instrumento en serie con la carga o circuito que se quiere medir. **Figura 3.12**

Asimismo, se debe conservar la polaridad, es decir la punta de prueba roja va al lado positivo del circuito bajo prueba (en este caso la batería) y la punta de prueba negra al lado negativo (en este caso un borne de la bombilla).

Si no se conoce el valor de la corriente que se espera obtener, puede colocarse inicialmente la perilla selectora en la posición más alta, en nuestro caso **300 DCmA**. Si el valor medido es muy bajo y la aguja se mueve muy poco, podemos entonces pasar a la escala más baja siguiente, y así sucesivamente hasta lograr que la lectura final sea lo más fácil de establecer en forma precisa.

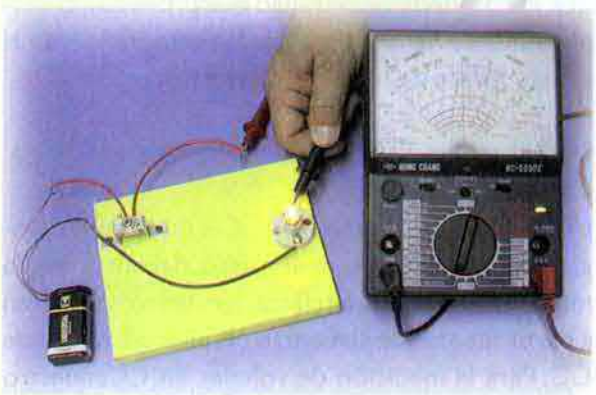


Figura 3.12. *Circuito con amperímetro en serie*

El multímetro digital

Como lo mencionamos al comienzo de la lección, hay dos grandes grupos de multímetros: los análogos y los digitales. Estos últimos, los más utilizados actualmente, se diferencian de los análogos en que el tablero de lectura y la aguja indicadora del cuadro superior se han reemplazado por una pantalla, generalmente de cristal líquido (LCD), en la cual aparece directamente el valor de la magnitud medida en forma de números o dígitos, lo cual facilita ampliamente su apreciación por parte del usuario y brindan una mayor precisión, logrando inclusive decimales. **Figura 3.13**

a. Tipo lapicero

b. De bolsillo

c. Con interfaz a la computadora

Figura 3.14 *Diferentes tipos de multímetros digitales*

Hoy en dia los multímetros digitales son quizás los instrumentos electrónicos más populares en el mercado, encontrándose modelos de una gran variedad en cuanto a su calidad y lógicamente a su precio, **figura 3.14**.

Igual que los multímetros análogos, los digitales tienen dos partes principales: el cuadro superior, que en este caso se reduce a una pantalla con varios dígitos, y el cuadro inferior que incluye la perilla selectora de rangos y funciones, y las clavijas o bornes para las puntas de prueba. En la **figura 3.15** se muestra un modelo típico. Esta estructura puede variar de un modelo a otro pero siempre se conservan los elementos básicos. Los multímetros digitales también incluyen una batería para alimentar sus circuitos internos y para hacer circular una corriente cuando se están midiendo ohmios. Por el bajo consumo de corriente, éstas tienen una larga duración; sin embargo hay que estar pendientes del estado de su carga ya que si se baja su voltaje, las medidas serán erróneas. Muchos mutímetros digitales incluyen un sistema de detección de "batería baja" que es muy útil para este propósito.

Multimetro digital

Multimetro análogo

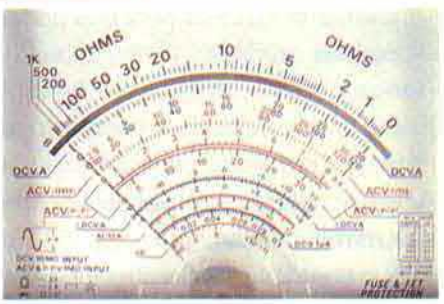


Figura 3.13. *Pantalla de un multimetro digital y el tablero y aguja de un multimetro análogo*

Precauciones con los multimetros digitales

Antes de estudiar como se toman medidas las diferentes, veamos algunas consideraciones que hay que tener con este tipo de multímetros con el fin de protegerlos de posibles daños y medidas erróneas.

1. Manténgalo apagado cuando no lo esté utilizando. Esto le da una mayor duración a la batería. Si el instrumento se va a guardar por un largo periodo, lo más indicado es retirar la batería ya que esta se puede descomponer y los ácidos que se desprenden lo pueden averiar.
2. Guárdelo en un sitio limpio y seco pues la humedad puede afectar su funcionamiento. No es recomendable exponer el instrumento a la luz solar directa ni a una alta temperatura.
3. Si lo guarda en una caja de herramientas, debe estar protegido por un estuche para que ellas no lo golpeen y se rompa la pantalla. Si el ins-

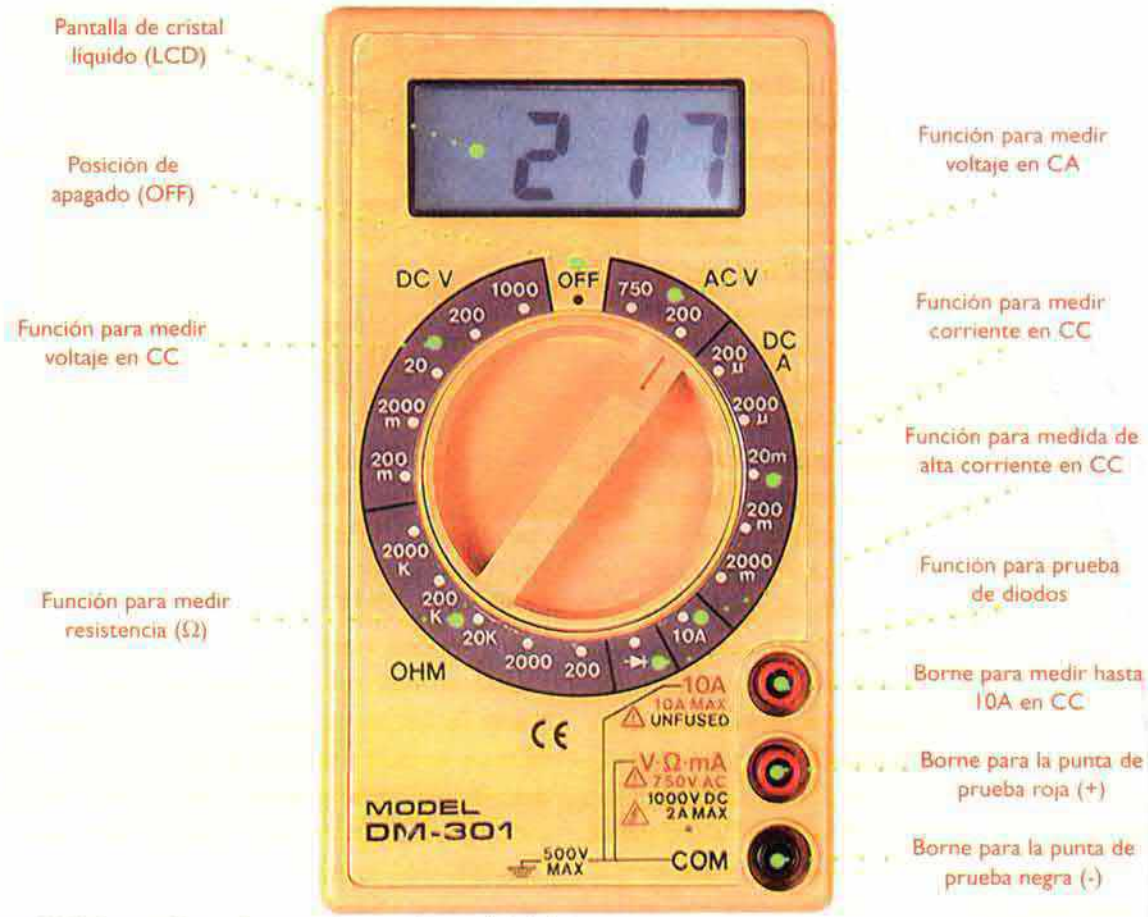


Figura 3.15. *Aspecto físico y funciones de un mutímetro digital típico*

trumento no lo incluye, usted mismo puede fabricar uno con icopor y una caja de cartón.

4. Antes de tomar cualquier medida, fíjese muy bien en la posición correcta de la perilla selectora, ya que, un error en esta operación puede dañar definitivamente el instrumento. Ésta es la principal causa de averías en este tipo de multímetros ya que un voltaje o una corriente más altos que la escala seleccionada, o una alta corriente circulando cuando se está midiendo resistencia (Ω), dañará los circuitos internos. Algunos modelos, especialmente los más costosos, incluyen protecciones de sobrevoltaje y sobrecorriente, pero esto no es lo más común. Los multímetros, por lo general, son aparatos difícilmente reparables ya que sus componentes no se consiguen normalmente en el mercado.
5. Cuando hay diferentes bornes o clavijas para algunas medidas, generalmente para alta corriente, se debe conectar la punta de prueba en la posición correcta y luego devolverla a su posición normal (V-Ω-mA). La punta de prueba negra debe estar en el borne negativo (-) generalmente marcado COM o con el símbolo de tierra (⏚), y la punta de prueba roja debe estar en el borne positivo (+) generalmente marcado como V - Ω - mA.
6. Cuando vaya a cambiar de rango, es muy recomendable desconectar una de las puntas de prueba del circuito o elemento que se está midiendo.
7. Trate con cuidado las puntas de prueba ya que estas se suelen deteriorar si no lo hace. Especialmente cuídelas para que no hagan contacto con los cautines.

Funcionamiento y operación del multímetro digital

Antes de utilizar cualquier otro multímetro, se debe leer detenidamente el manual de instrucciones.

Funcionamiento como óhmetro

Con esta función podemos medir resistencias, bobi-

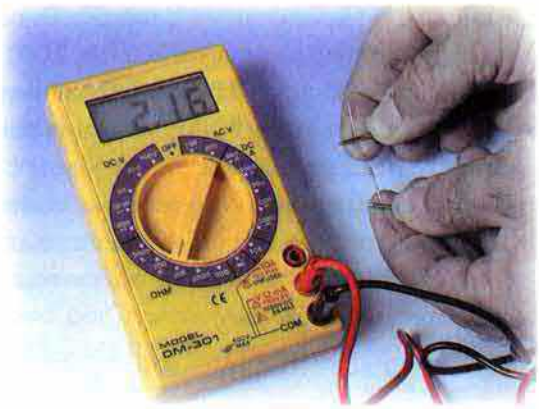


Figura 3.16. *Medida de una resistencia de 2.200 Ω*

nas, conductores, fusibles, lámparas, conductores, etc. Nuestro modelo tiene cinco escalas: 200, 2.000, 20K, 200K y 2.000K las cuales se deben seleccionar de acuerdo al valor en ohmios de la resistencia que se va a medir. Recuerde que para esta medición es indispensable que el elemento al cual se le va a determinar la resistencia debe estar desenergizado o desconectado de la fuente de alimentación. Antes de medir resistencias debemos verificar la lectura de 0Ω, la cual se debe lograr uniendo las puntas de prueba.

Para medir el valor en ohmios (Ω) de una resistencia, ya sea del tipo utilizado en electrónica, la de las bobinas, la de una estufa o la de una lámpara, seleccione el rango o escala apropiados y conecte las puntas de prueba a los terminales del elemento. En ese momento debe aparecer el valor en la pantalla *(display)* tal como se muestra en la **figura 3.16.** Si el valor es más alto o más bajo que el del rango seleccionado, mueva la perilla selectora, dentro de la función para ohmios, hasta que se logre la medida más precisa posible.

Medida de continuidad

Para hacerlo lleve la perilla selectora a la escala más baja en ohmios (en este caso a 200), y conecte las puntas de prueba al conductor, lámpara, fusible, pista de circuito impreso, bobina, etc. y verifique su valor el cual debe estar muy cercano a los cero ohmios (0 Ω). Algunos modelos incluyen un probador de continuidad visual y audible, el cual se selecciona en una posición especial para este fin en la perilla selectora, **figura 3.17**.

Funcionamiento como voltímetro para corriente continua (DCV)

Determine primero cual es el valor aproximado que se va a medir pues así se establece la posición correcta para la perilla selectora con la cual se logra una mayor precisión de la medida. En nuestro modelo hay cinco rangos: 200 mV, 2.000 mV o 2V, 20V, 200V y 1.000V. Si no se conoce el valor que se va a medir, lo más recomendable es empezar con la escala más alta e ir bajando el rango con cuidado hasta obtener una lectura precisa.

Para tomar la medida, conecte la punta de prueba negra al punto negativo y la punta de prueba roja al positivo, **figura 3.18**. En ese monento debe aparecer en la pantalla el voltaje presente en ese punto de prueba ya sea un circuito interno, una batería, una fuente de alimentación, etc. Si las puntas se conectan al contrario, el multímetro nos indicará un valor negativo. Nunca trate de medir voltajes superiores al del máximo rango, en este caso de 1.000 VCC. Tenga mucho cuidado de no unir las puntas de prueba, especialmente en sitios críticos como en los puntos cercanos de un circuito impreso, ya que puede ocasionar fácilmente un cortocircuito.

Funcionamiento como voltímetro para corriente alterna (ACV)

Para esta función nuestro modelo tiene dos rangos: 200V y 750 V. Seleccione el rango apropiado según la medida y conecte las puntas de prueba en cualquier posición ya que la corriente alterna no

Figura 3.17. *Función especial para prueba de continuidad en algunos multímetros digitales*

Figura 3.18. Medida de voltaje en corriente continua

tiene polaridad. En este momento debe aparecer la medida en la pantalla, **figura 3.19**. Como en esta función se trabaja con valores altos, generalmente de 110 ó 220 V, tenga mucho cuidado de no unir o tocar las puntas de prueba ya que esto ocasionaría cortocircuitos graves, o lo que es peor, usted corre un gran riesgo de electrocusión.

Funcionamiento como amperímetro para corriente continua (DCA)

Como ya lo mencionamos, la medida de la corriente en amperios (A), miliamperios (mA) o microamperios (μA) que consume un aparato completo o un circuito dentro de él o aún un componente de un circuito, es una operación que se hace con frecuencia en electrónica. En este caso los multímetros digitales son de gran utilidad ya que nos pueden mostrar cantidades muy precisas incluyendo decimales, que es lo que se puede presentar en la práctica. En nuestro modelo tenemos seis rangos: 200 μA, 2.000 μA (2 mA), 20 mA, 200 mA y 2.000 mA (2A). Además, existe un rango especial de 10 A en el cual se coloca la perilla selectora en una posición aparte y se cambia la punta de prueba roja o positiva a un borne de alta corriente marcado como 10 A. Si utiliza esta opción, no olvide devolver la punta de prueba roja a su posición normal (V - Ω - mA).

Recordemos que la medida de la corriente se debe hacer en serie con el elemento. Por eso en algunos casos, como en la medida del consumo de corriente de un componente dentro de un circuito, éste debe desconectarse con el fin de aplicar las puntas de prueba al punto de la medición, **figura 3.20**. Para el ajuste de la perilla, si se conoce el valor que se va a medir, ésta debe posicionarse en un rango ligeramente mayor. Por ejemplo, si vamos a medir una corriente de 150 mA, la perilla debe colocarse en el rango de 200 mA. Si no se conoce el valor, se debe colocar en el rango mayor diponible, en este caso 2.000 mA, e ir bajando el rango hasta lograr una lectura lo más precisa posible.

Otras funciones

Algunos multímetros digitales incluyen otras funciones tales como la prueba de diodos, transistores, bobinas, condensadores, medida de frecuencia, generación de señales de prueba, etc. Estas opciones las iremos estudiando a medida que tratemos cada tema. Si desea conocer más sobre esto y observar en la práctica el manejo de los multímetros le recomendamos el video de CEKIT "Manejo del multímetro analógico y digital".

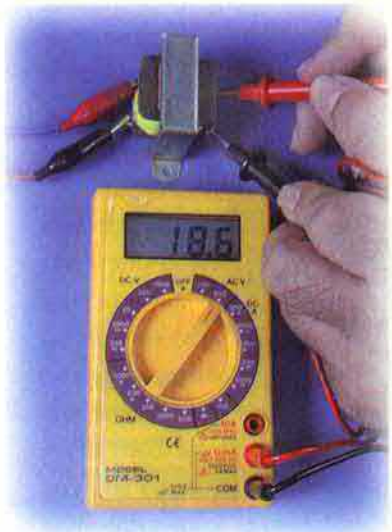


Figura 3.19. *Medida de voltaje en corriente alterna en el secundario de un transformador*

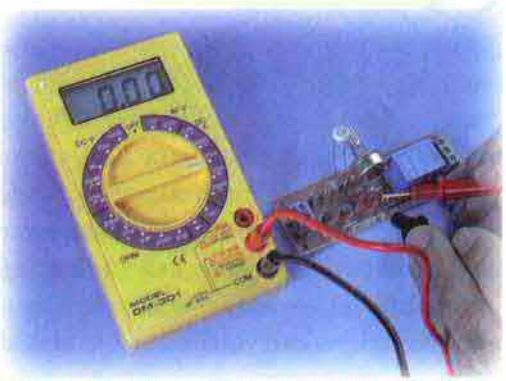
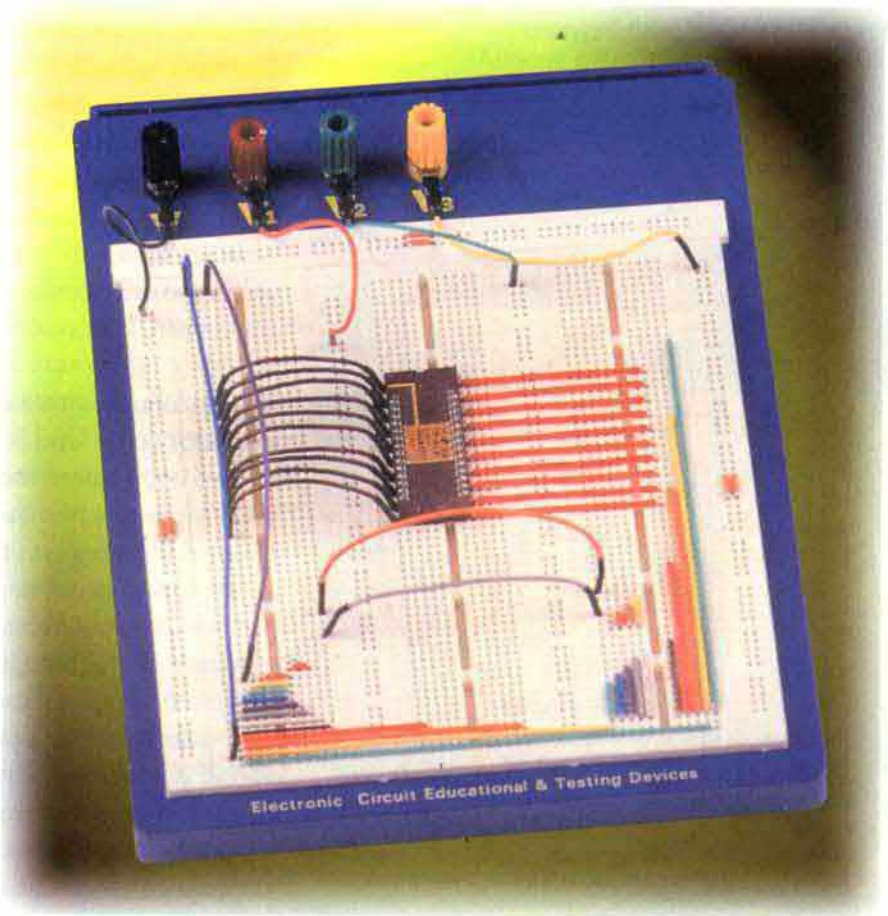


Figura 3.20 . *Medida de la corriente que circula por un componente dentro de un circuito*

Lección 4

El tablero para prototipos (*protoboard*)

El tablero para prototipos o tablero para conexiones es un dispositivo muy ingenioso que nos permite armar y desarmar fácil y rápidamente cualquier circuito electrónico sin necesidad de soldaduras, y muchas veces sin herramientas. En electrónica, esto es muy útil durante el proceso de aprendizaje para hacer experimentos y proyectos en forma provisional.



Este dispositivo es muy útil para el diseño de nuevos proyectos y productos, inclusive los más complejos, ya que es necesario y muy recomendable ensamblar un prototipo o circuito de prueba antes de proceder al diseño y elaboración del circuito impreso definitivo. Al tener el circuito montado en el *protoboard*, es posible cambiar o agregar componentes en cuanto a su valor o posición, con el fin de lograr los resultados esperados con el diseño. Esto se hace tanto a nivel de estudiantes como de técnicos y de profesionales, ya que en la práctica muchas veces hay que hacer algunos cambios al circuito que se había planteado inicialmente.

En el proceso de fabricación de un proyecto o aparato es muy importante este paso, puesto que los siguientes, como el diseño y fabricación de los circuitos impresos y del *chasis* o bastidor para montar el proyecto, implican una inversión importante de tiempo y dinero que se podrían perder si el aparato al final no funciona.

Estructura del *protoboard*

Aunque hay muchos modelos en el mercado, algunos de los cuales se muestran en la **figura 4.1**, todos los tableros tienen una estructura básica muy similar pues su principio de operación es muy simple. Ésta consiste en una serie de conexiones verticales y horizontales organizadas de tal forma que sobre ellas se pueden instalar todo tipo de componentes como resistencias, condensadores, semiconductores, cables de conexión y otros. Estas conexiones están protegidas por una cubierta de plástico que a su vez, proporciona los orificios por los cuales se insertan los terminales de los componentes. **Figura 4.2**

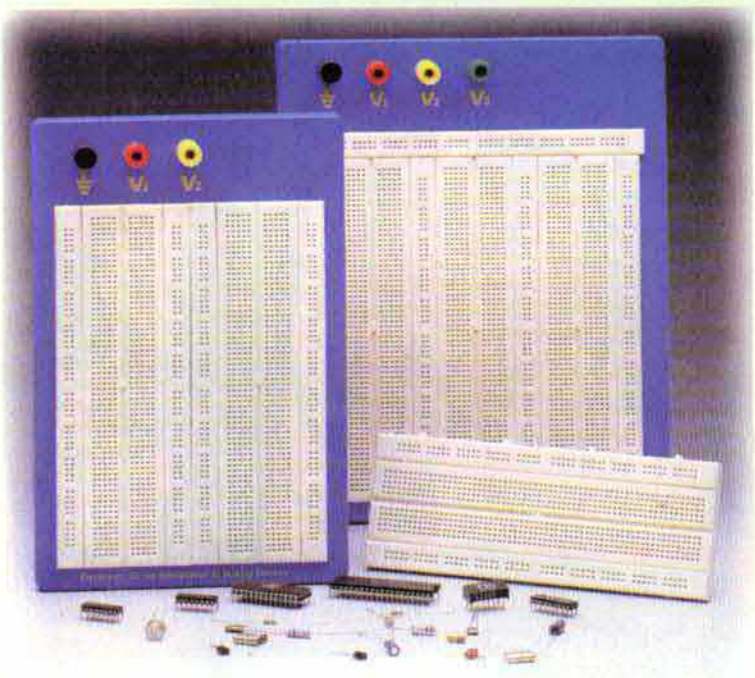


Figura 4.1. *Diferentes modelos de protoboards*

Los contactos están separados entre sí por una distancia de 0,1" (2,54 mm), correspondiente a la separación de los pines o terminales de los circuitos integrados, principales componentes de los circuitos electrónicos actuales. Para hacer las uniones entre puntos distantes de los circuitos se utiliza cable sólido calibre 22 aislado o no aislado (cable telefónico), como explicaremos más adelante. Como se puede observar en la **figura 4.3**, las filas tienen cinco orificios que se conectan entre sí en forma vertical, marcados con la letra A; sin embargo, entre cada fila no hay contacto. Además, existe un canal central separador cuya distancia es igual a la que existe entre las filas de terminales de los circuitos integrados 0,3" (7,62 mm). Esto con el fin de ubicar sobre dicha separación todos los circuitos integrados que tenga el circuito. Las líneas verticales no están unidas a cada lado del canal central, lo que establece dos áreas independientes para las conexiones del circuito.

Los contactos de las filas externas, marcados con la letra B en la figura 4.2, se unen entre sí pero en forma horizontal y reciben el nombre de buses. La mayoría de los tableros traen dos buses a cada lado y se utilizan, generalmente, para manejar en ellos la alimentación del circuito o sea los voltajes positivo y negativo o tierra. En total, el tablero tiene cuatro secciones: dos para los componentes y dos buses horizontales. En la figura 4.3 se pueden apreciar las diferentes conexiones disponibles para el ensamblaje de los circuitos.

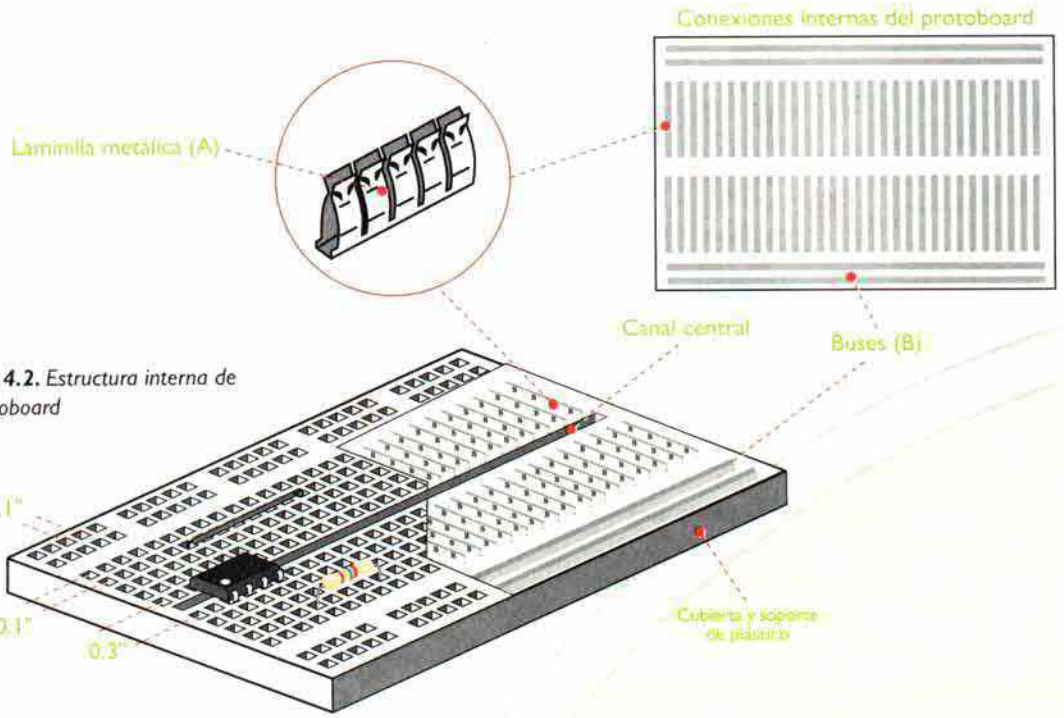


Figura 4.2. *Estructura interna de un protoboard*

Estos tableros están formados por una base de plástico que tiene una serie de perforaciones con una disposición especial. Debajo de estas perforaciones se encuentran unas laminillas metálicas que forman contactos, en donde se unen los diferentes terminales de los componentes del circuito. Estas laminillas se fabrican con un metal flexible de berilio-cobre recubierto con plata-níquel, y en algunos casos de oro. El recubrimiento impide que los contactos se oxiden y la flexibilidad del metal permite utilizar cables y terminales de diferente diámetro, sin deformarse.

Para entender mejor esta estructura, veamos como ejemplo el montaje de un circuito sencillo en un *protoboard* pequeño, **figura 4.4**. En ella podemos apreciar como algunas de las conexiones se hacen por medio de los contactos del *protoboard*, los cuales también sirven como soporte físico para los componentes. Antes de entrar en detalle sobre la forma de utilizar correctamente este útil dispositivo, veamos algunas consideraciones importantes sobre él.

Recomendaciones para armar circuitos en un *protoboard*

Aunque no existen reglas definidas para el ensamblaje de circuitos en un *protoboard*, y cada persona puede armar un prototipo según sus gustos y habilidades, se deben tener en cuenta algunos aspectos básicos con el fin de que el proyecto trabaje bien y sea fácil de modificar en un momento dado. Dichos consejos son:

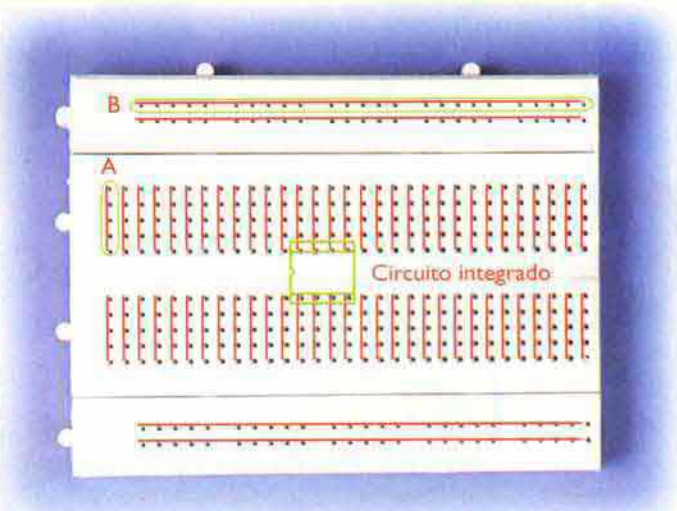


Figura 4.3. *Conexiones disponibles para el ensamblaje de los circuitos*

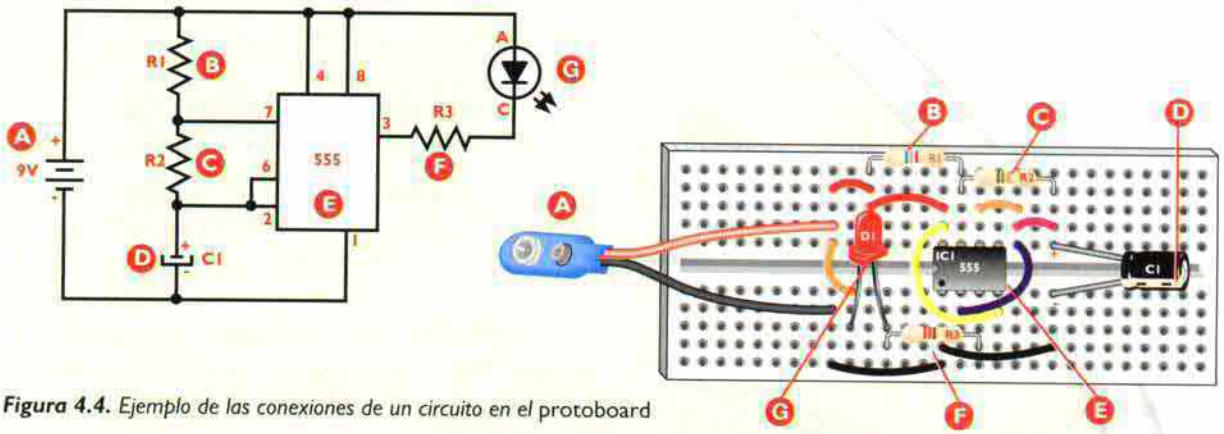


Figura 4.4. *Ejemplo de las conexiones de un circuito en el* protoboard

- Tenga a la mano todos los componentes para armar el circuito, según la lista de materiales. La falta de uno o varios de ellos haría interrumpir el proceso y tendría que repasar todo el diagrama antes de volver a iniciar el ensamblaje.
- Haciendo un análisis rápido del espacio, deje suficiente separación, aunque no demasiada, entre estos elementos para que el ensamblaje de los demás componentes se pueda hacer sin problemas. Muchos componentes en un espacio reducido dificultan este proceso.
- No corte demasiado los terminales de los componentes como las resistencias y los condensadores, ya que algunas veces hay que cambiarlos de posición y éstos no podrían conectarse en el nuevo sitio.

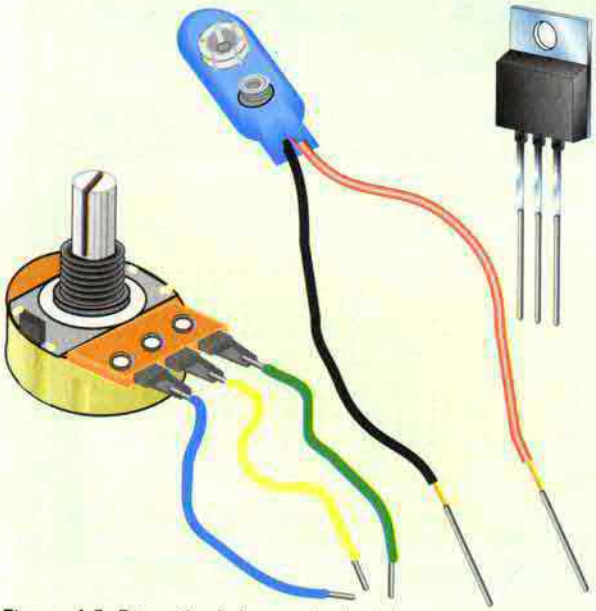


Figura 4.5. *Extensión de los terminales de los componentes para no averiar los contactos*

- Utilice en lo posible un extractor de circuitos integrados para colocarlos o retirarlos del *protoboard*. Así evitará que se dañen los terminales o que éstos se entierren en sus dedos.
- No instale sobre la superficie elementos que produzcan mucho calor, éstos pueden derretir la cubierta de plástico y dañar en forma permanente el tablero. Tal es el caso de resistencias de potencia o semiconductores que disipen mucho calor; ellos se deben instalar a una buena altura o fuera de la base utilizando cables conectados a sus terminales.
- Nunca inserte en los contactos del *protoboard* cables o componentes cuyos terminales tengan un diámetro mayor al de los orificios del protoboard; esta es la principal causa de daños. Para solucionar el problema, suelde cables delgados y cortos a los terminales gruesos de los componentes. **Figura 4.5**
- En lo posible, no utilice el *protoboard* para circuitos de corriente alterna de alto voltaje (110 o 220V), ya que el aislamiento no es suficiente y se pueden generar cortocircuitos.

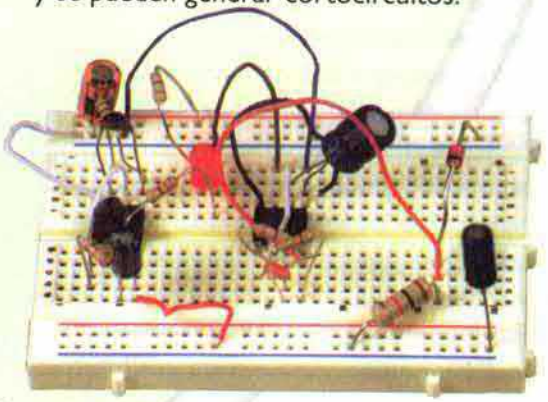


Figura 4.6. *Montaje desordenado de un circuito; no recomendable en un protoboard*

Ensamblaje de circuitos en un protoboard

Esta operación, además de fácil, es muy agradable; solamente debemos tener algunos cuidados básicos para que los circuitos trabajen correctamente. Primero debemos observar detenidamente el diagrama del circuito y visualizar cuales son las conexiones entre los componentes que lo conforman. Luego, debemos ir conectando sus terminales, uno por uno, utilizando los agujeros del *protoboard* como los puntos de unión entre ellos. Terminado el proceso, y antes de aplicar el voltaje de alimentación, debemos verificar con el diagrama cada una de las conexiones: on el fin de detectar errores en el armado.

Como puede verse, el ensamblaje de un circuito en un *protoboard* requiere tiempo, orden y paciencia, pero al hacerlo varias veces, se logra una buena habilidad, lo que garantiza la adquisición del conocimiento y la satisfacción de un circuito funcionando.

Inserte primero en forma ordenada y según el diagrama, los componentes principales como son los circuitos integrados y los transistores, alrededor de los cuales van conectadas las resistencias, los condensadores, los diodos, los diodos LED, los cables, etc. Esto nos permite establecer el área de trabajo y determinar si hay suficiente espacio para el circuito.

No construya un "nido de pájaro", **figura 4.6**, esto dificulta la revisión del circuito y aumenta la probabilidad de fallas. En muchas ocasiones perdemos más tiempo buscando un error que el que nos tomaría hacer un buen montaje desde el principio.

Para explicar mejor este procedimiento vamos a hacer el montaje de un circuito simple en un *protoboard*, siguiendo paso a paso la secuencia de ensamblaje. Las partes del circuito que se dibujan en color rojo corresponden a los elementos que ya se encuentran sobre el tablero. **Figuras 4.7a, 4.7b, 4.7c** y **4.7d**

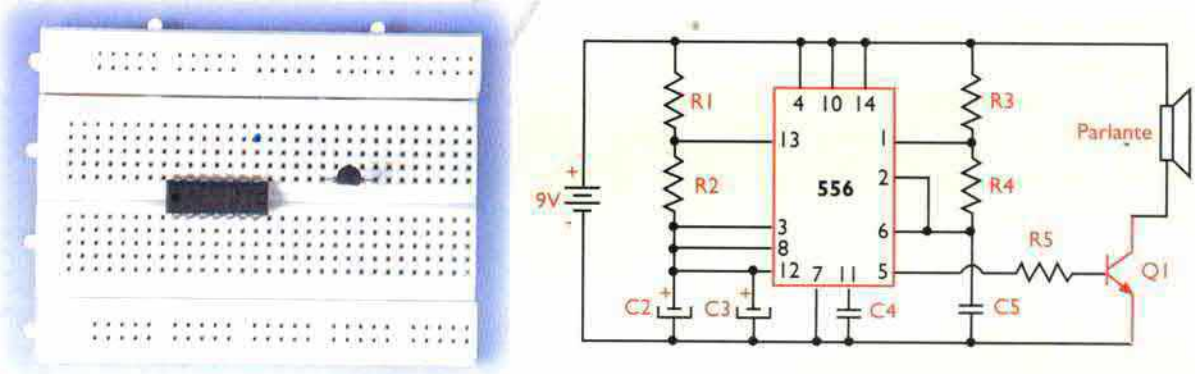


Figura 4.7a. *Primero instalamos el circuito integrado 556 y el transistor 2N3904, de tal forma que nos faciliten las demás conexiones*

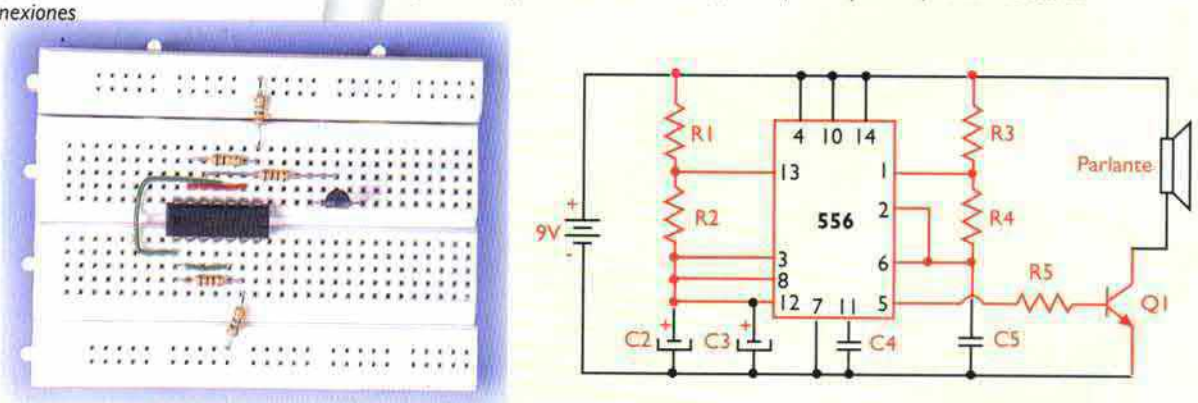


Figura 4.7b. *Luego instalamos las resistencias R1, R2, R3, R4 y R5 y los puentes de alambre para unir los terminales 2 y 6, 3 y 8, y 8 y 12 del circuito integrado 556*

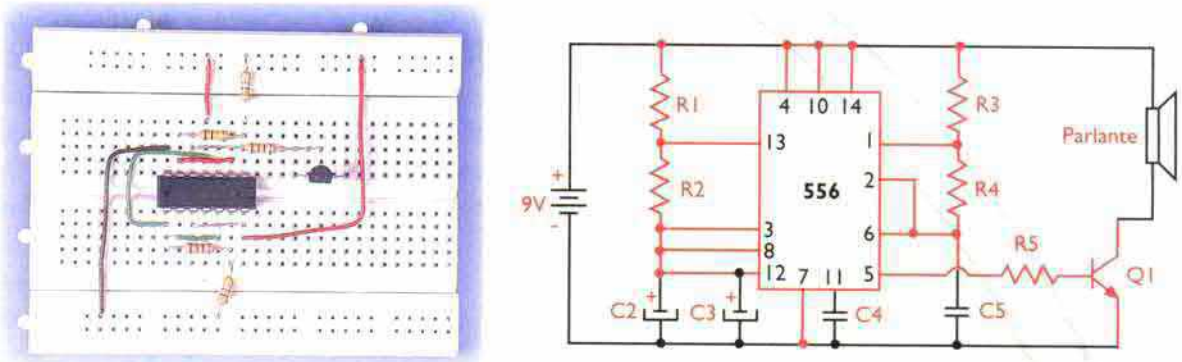


Figura 4.7c. *Después instalamos los puentes de alambre para la alimentación positiva y negativa (buses) a los terminales 4, 10, 14 y 7 del circuito integrado 556*

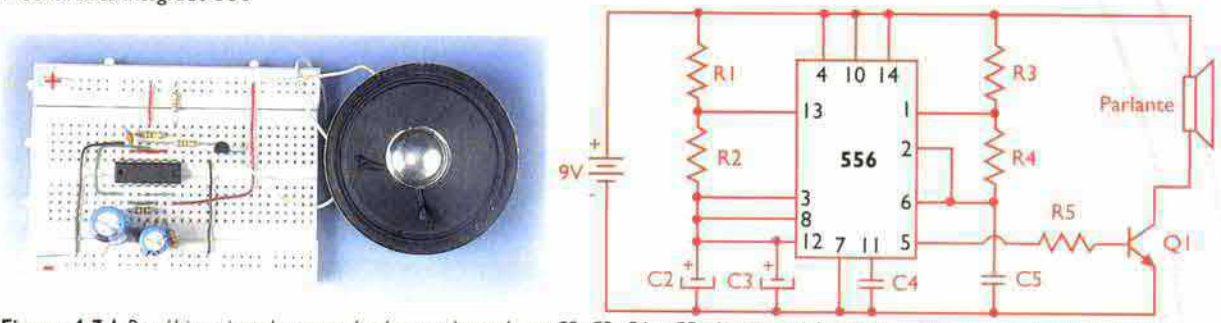


Figura 4.7d. *Por último, instalamos todos los condensadores C2, C3, C4 y C5, el emisor del transistor Q1 a tierra, el parlante y los terminales para la fuente de alimentación*

Un buen método de aprendizaje, mientras se adquiere la práctica necesaria, es dibujar con lápiz sobre una plantilla de tamaño real la disposición de los componentes, la cual puede modificarse borrando y volviendo a dibujar hasta lograr una buena distribución. Para ello incluimos un modelo de *protoboard* típico el cual pueden fotocopiar para este propósito. **Figura 4.8**

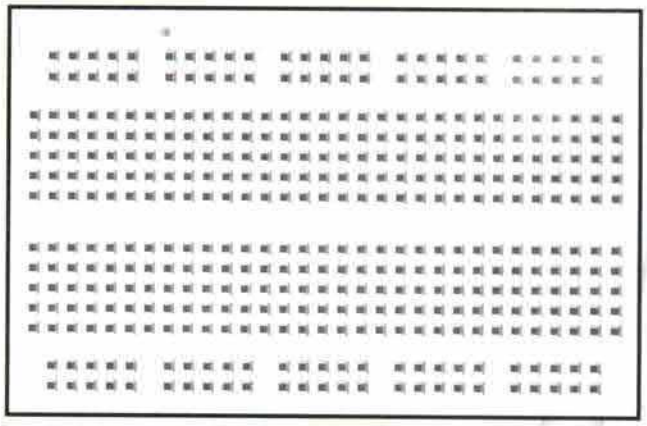


Figura 4.8. *Plantilla para planear los montajes*

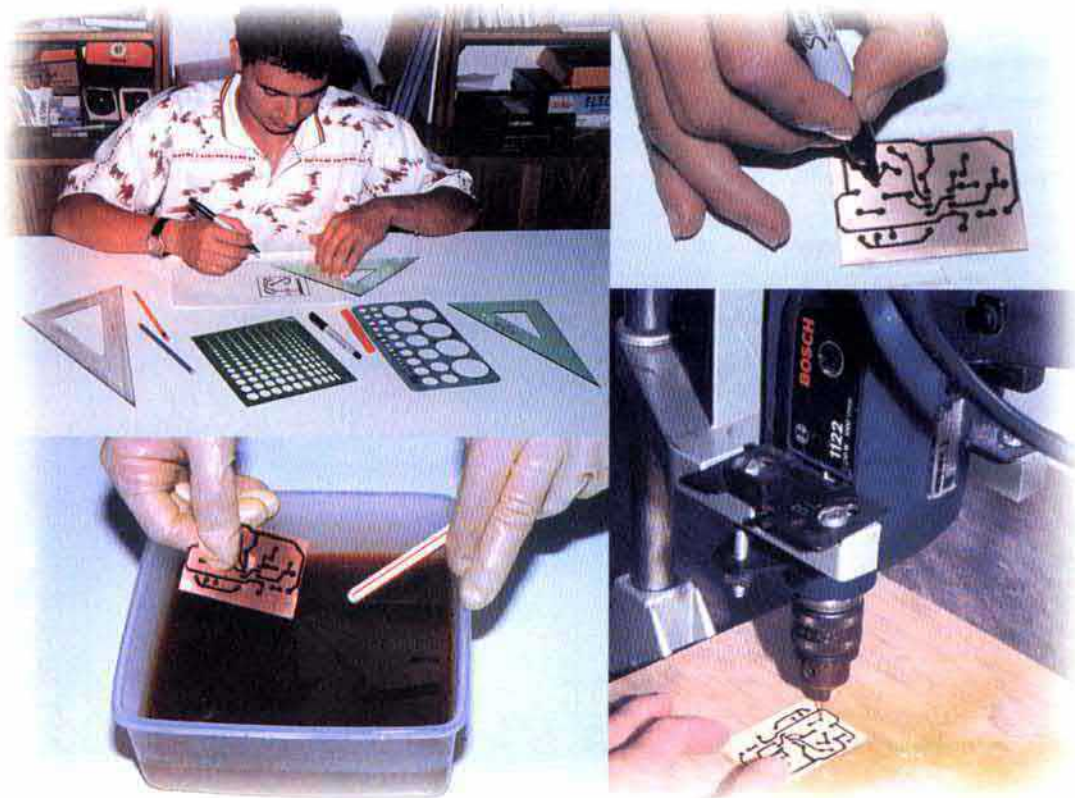
Es muy útil tener los *protoboards* montados sobre una base, preferiblemente metálica con patas de caucho, con el fin de poder trabajar mejor en ellos. Algunos modelos incluyen una fuente de alimentación. **Figura 4.9**

Figura 4.9. *Diferentes modelos de protoboards de CEKIT*

Lección 5

Diseño y fabricación de circuitos impresos

De acuerdo a lo estudiado en la sección de componentes de este mismo curso, el circuito impreso es uno de los elementos principales de todo aparato o circuito electrónico. Una vez que lo tengamos disponible, el ensamblaje del proyecto se hace muy fácil. Por esto, dentro de las prácticas que todo estudiante debe hacer, está el diseño y la fabricación de circuitos impresos iniciando con algunos simples y luego avanzando hasta modelos más complejos, con el fin de adquirir la destreza necesaria en esta actividad. Éste es uno de los pasos más importantes en la fabricación de aparatos electrónicos, una actividad muy interesante y lucrativa que usted puede emprender con éxito.



Como vimos en la lección anterior, cuando estamos desarrollando un proyecto, la primera prueba de funcionamiento se debe hacer sobre el *protoboard* o tablero de conexiones sin soldadura. Después de esto, se debe construir el circuito impreso, el cual permitirá ubicar fácilmente todos los componentes en forma segura. En el desarrollo de esta lección veremos los aspectos más importantes relacionados con este tema.

¿Qué es diseñar un circuito impreso?

Como podemos apreciar en la **figura 5.1** un circuito impreso tiene una serie de círculos o "donas" con una perforación en donde se insertan y sueldan los terminales de los componentes, y una serie de líneas o trazos de cobre los cuales forman las conexiones para completar el circuito. El diseño de un circuito impreso tiene dos aspectos principales. El primero es ubicar ordenadamente los diferentes componentes que lo conforman en una determinada área la cual debe tener un tamaño óptimo, es decir, ni muy grande, pues se desperdiciaría espacio, ni muy pequeña lo que ocasionaría que los componentes quedaran apretados entre ellos dando un mal aspecto y dificultando el ensamblaje del aparato. El segundo aspecto es conectar entre sí los diferentes terminales de los componentes de tal manera que queden impresas en el cobre todas las conexiones necesarias para que el circuito funcione correctamente.

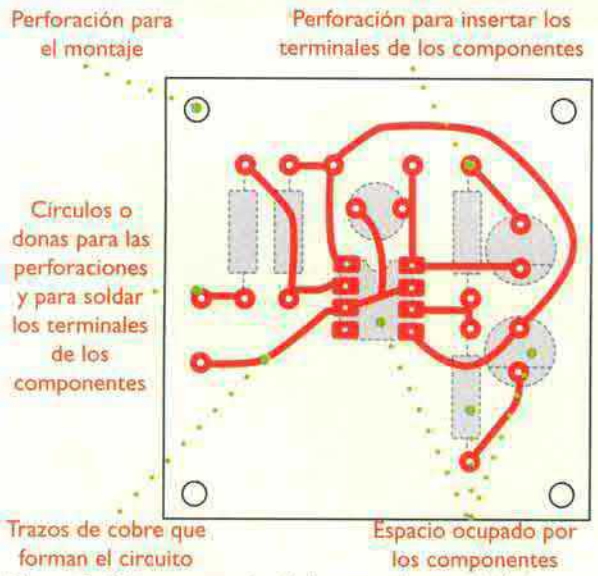


Figura 5.1. *Trazos en un circuito impreso vistos por debajo*

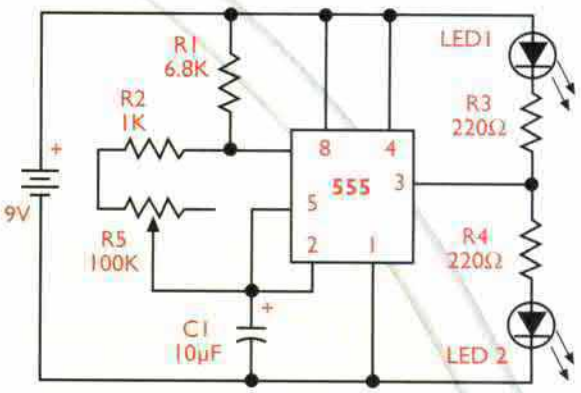


Figura 5.2. *Diagrama esquemático a partir del cual se diseña el circuito impreso*

Esta es una labor que requiere mucha paciencia y sobre todo mucho cuidado. Quien la ejecuta debe tener, además de los conocimientos sobre el tipo, tamaño y forma de los componentes, mucha creatividad e ingenio para lograr acomodar en forma ordenada y en el menor espacio posible, todos los componentes del circuito. El diseño debe terminar en un dibujo muy claro con el tamaño real para que éste pueda ser trasladado a la lámina de cobre, proceso que explicaremos más adelante.

Pasos para la elaboración de un circuito impreso

El diseño o dibujo de un circuito impreso parte del plano o diagrama esquemático del circuito, **figura 5.2**. Con esta información, debemos llegar a la elaboración de la plaqueta en donde se montan y sueldan los componentes, **figura 5.3.**

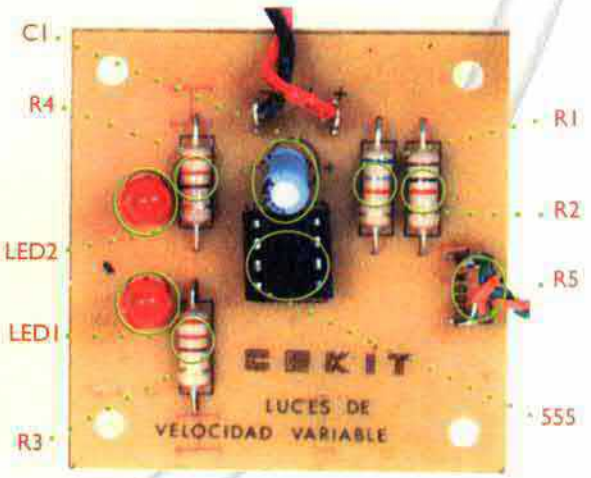


Figura 5.3. *Circuito ya montado sobre la plaqueta*

El diagrama debe ser lo más claro posible y contener el valor exacto de sus componentes, ya sea que estén escritos en forma directa, por ejemplo, 100 Ω a 1/4 W para una resistencia, o indicados con las referencias R1, R2, C1, C2, etc., y que exista una lista completa de materiales con todos los datos necesarios. En esta información se basa totalmente el correcto diseño del circuito impreso pues la forma y tamaño de los diferentes componentes depende de su valor (unidades de medida y especificaciones). Lo más recomendable es tener todos los componentes a mano puesto que su forma y tamaño pueden variar, dependiendo del fabricante.

Generalmente, el primer circuito impreso de un aparato se fabrica en forma de prototipo experimental, y, al utilizarlo, ensamblando el circuito real, se puede mejorar o rediseñar hasta que cumpla con todos los requisitos técnicos y de estética que esperamos. Para la fabricación de un prototipo del circuito impreso de una sola cara, que es el tema que nos interesa por ahora, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Diseño de los trazos del circuito para que todos los componentes queden conectados como lo indica el diagrama esquemático. Puede ser en una hoja de papel o en la pantalla de una computadora.

2. Traslado o copia del diseño a la superficie de la lámina de cobre.

3. Eliminación o rebajado del cobre sobrante, para que permanezcan únicamente las líneas del circuito .

4. Perforación de los agujeros para los terminales de los componentes.

En la **figura 5.4** tenemos el aspecto y configuración de la lámina especial fabricada para este fin, antes del proceso de rebajado. Como ya lo mencionamos, está conformada por una lámina aislante, generalmente baquelita o fibra de vidrio, recubierta totalmente por un lado con una lámina muy delgada de cobre. En la **figura 5.5** tenemos el circuito impreso terminado, después de eliminar el cobre sobrante.

La parte más crítica de este proceso es el diseño de los trazos o pistas del circuito impreso, es decir, la ubicación de los componentes y la unión de sus terminales hasta completar el diagrama esquemático. El traslado de este diseño a la lámina de cobre se puede hacer por diferentes métodos, tales como: utilizando un marcador o lapicero de tinta resistente al ácido, por *screen*, con el sistema fotográfico (*photoresist*) y con láminas de transferencia de toner para impresoras láser o fotocopiadoras. En este curso explicaremos en detalle el primer método, el cual es el más indicado para aquellas personas que se inician en este tema.

La eliminación del cobre sobrante se hace sumergiendo la lámina con el dibujo en un compuesto corrosivo como el percloruro férrico, el cual ataca este metal y lo disuelve; esto lo explicaremos más adelante.

Por último, las perforaciones para los terminales de los componentes en un circuito impreso,

Figura 5.4. *Lámina especial para la fabricación de los circuitos impresos*

Figura 5.5. *Pistas o trazos de cobre, una vez que se han eliminado los sobrantes*

Figura 5.6. *Dibujo en papel con los trazos del circuito impreso*

permiten el montaje de los elementos que van sobre la superficie que no tiene cobre y cuyos terminales se sueldan en los conductores del lado opuesto. Todos estos procesos los iremos explicando detalladamente a medida que avancemos en esta práctica.

Técnicas para el diseño de circuitos impresos

Existen diferentes formas para diseñar los circuitos impresos. Según las herramientas y los conocimientos que tengamos, se pueden utilizar medios manuales o por computadora; a continuación haremos una breve descripción de ellos.

Diseño manual

Es el método más utilizado por los experimentadores y será el que explicaremos en este curso, pues su conocimiento es necesario para avanzar hacia los métodos más modernos. Consiste en elaborar con los elementos comunes del dibujo técnico, tales como un lápiz, un borrador, papel, reglas, escuadras, plantilla de círculos, plantilla de componentes, etc., un dibujo correspondiente a los trazos definitivos del circuito impreso, **figura 5.6**.

Inicialmente, se dibuja un borrador a lápiz con las medidas aproximadas, partiendo de la ubicación de los componentes y del diagrama esquemático o plano. Luego, se van completando y corrigiendo las líneas hasta lograr un dibujo aceptable. Éste se debe pasar en limpio o sea finalizarlo con tinta negra, y una vez terminado, recibe el nombre de arte, con el cual se puede hacer un negativo o un positivo fotográfico para fabricar el circuito impreso en serie.

Diseño manual con dibujo por computadora

Este proceso es intermedio entre el diseño manual y el diseño asistido por computadora. En este caso, se reemplazan las herramientas manuales por las herramientas de un programa de dibujo como es el caso del FreeHand en las computadoras Macintosh, **figura 5.7**, y del CorelDraw, o el PaintBrush en las computadoras tipo PC.

Aquí se parte del mismo proceso del diseño manual a lápiz descrito anteriormente, y luego, utilizando la computadora, dibujamos en la pantalla los diferentes elementos del circuito, como son los círculos para los terminales, las perforaciones y las líneas. Luego se elabora el arte final con una impresora de chorro de tinta (*inkjet*) o láser. De esto depende en gran parte la calidad del circuito impreso ya que éstos generalmente tienen líneas muy delgadas y círculos pequeños que son difíciles de dibujar a mano. Con este método se pueden borrar y repetir cuantas veces se quiera las líneas, variar la posición de los componentes y, en general, hacer modificaciones, algo muy común en este proceso.

Figura 5.7. *Dibujo de los trazos en una computadora*

Diseño por computadora o CAD

En los dos métodos anteriores, la ubicación de los componentes y el trazado de las líneas se hace manualmente, lo que toma la mayor parte del tiempo. El desarrollo de equipos más poderosos y de programas especializados para esta labor, ha sido un factor muy importante en el avance de la electrónica puesto que, en los circuitos complejos, con una gran cantidad de componentes, como es el caso de las tarjetas para computadora, se hace indispensable la utilización de circuitos impresos de varias capas los cuales son prácticamente imposibles de diseñar manualmente.

Para este proceso, hay en el mercado muchos programas que trabajan en forma similar, así: se captura o lleva a la pantalla de la computadora el diagrama esquemático del circuito. Luego, el programa genera la lista de materiales y una lista de conexiones llamada *netlist*. Con esta lista, se van ubicando uno por uno, en forma manual o semiautomática, los componentes en un área definida para el circuito. Después se le da la orden a la computadora para que haga los trazos, y, según el modelo, capacidad y velocidad de la máquina, ejecuta este proceso en forma automática, ahorrando mucho tiempo en el diseño.

Este es el proceso ideal y su única limitante es el costo, ya que el equipo necesario y los programas tienen un valor alto para la mayoría de los presupuestos. Para las universidades, laboratorios, centros de investigación e industrias, es el método que se debe emplear por su agilidad y velocidad en el diseño. En este curso solamente veremos el método de diseño manual, por su gran utilidad para aquellas personas que se inician en este tema.

Diseño manual de circuitos impresos

El diseño manual de los circuitos impresos es una combinación de técnica y arte que requiere ingenio y, más que todo, paciencia. Se trata de ubicar ordenadamente y con estética los componentes de un circuito en el menor espacio posible; luego, unir por medio de trazos o líneas que no se toquen entre sí, los diferentes puntos de conexión de ese circuito.

Cada circuito electrónico tiene un diseño de circuito impreso diferente y cada persona lo hace de distinta manera. Por lo tanto, la ubicación de los componentes y el trazado de las líneas, aunque deben obedecer a ciertas reglas, no tienen un procedimiento definido y dependen en gran parte de la habilidad personal de cada individuo para resolver el problema.

En la **figura 5.8** se pueden observar los principales elementos que se deben tener en cuenta para el diseño de cualquier circuito impreso así:

- En la gran mayoría de los casos, los circuitos impresos son rectangulares.
- Las medidas dependen de la cantidad de componentes del circuito y de la densidad que se pueda lograr (agrupación de los componentes).
- Todo circuito impreso debe llevar perforaciones para su fijación en el *chasis* a menos que se diseñe un tipo de montaje especial, por ejemplo, una tarjeta de computadora que se inserta en una ranura o *slot*.
- Para cada terminal de los componentes debe existir una perforación con el fin de insertarlos

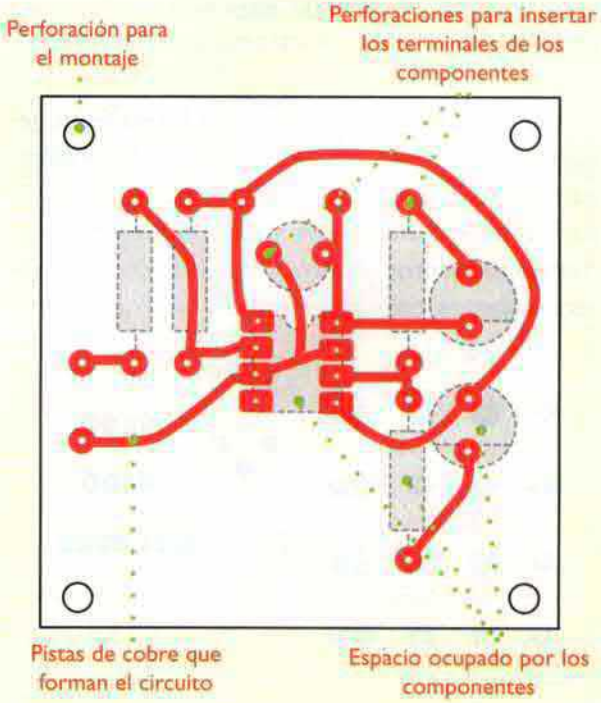


Figura 5.8. *Elementos que se deben tener en cuenta para el diseño de circuitos impresos*

y soldarlos. Alrededor de esa perforación se establecen los círculos o donas en donde se aplica la soldadura.

- Las donas o puntos de soldadura, van unidas por trazos, líneas o pistas de cobre para formar el circuito, según el diagrama.
- Los componentes deben tener espacio suficiente para que se puedan instalar sin tocarse con los demás, pero sin dejar muchos espacios vacíos.

Diseño del circuito impreso

Como ya vimos, el primer paso para el diseño, después de hacer las pruebas del circuito en un *protoboard*, es tener el diagrama definitivo con todos los valores de los componentes. Luego, debemos tener todos los componentes a mano ya que de su forma, medidas y configuración de los terminales depende en gran parte el diseño del circuito impreso. De los componentes más comunes, como las resistencias, algunos condensadores, transistores, diodos y circuitos integrados se conocen sus medidas por experiencia, pero otros cambian según la marca y, a veces, hay que remplazarlos, por lo que debemos asegurarnos teniéndolos a mano.

Después se debe establecer la forma física general del aparato. Esto incluye un diseño preliminar o tentativo del *chasis*, si lo lleva, para determinar cómo van montados y distribuidos los diferentes elementos externos como controles, potenciómetros, conectores, cables de alimentación, interruptores, parlantes, bornes, medidores, indicadores (LED, pilotos o *displays*), motores, sensores, etc. Esto determina los puntos de conexión de estos elementos con los componentes electrónicos del circuito. Cerca a estos puntos de conexión deben ir terminales o conectores para llevar alambres desde el circuito impreso a los elementos externos.

Hasta ahora hemos visto a grandes rasgos los pasos involucrados en el diseño manual de circuitos impresos. A partir de este punto los trataremos en forma detallada. Se debe recordar que estos pasos son fundamentales no sólo para el diseño manual, sino también para el diseño por computadora.

Los puntos de soldadura

Estos puntos, llamados popularmente "*donuts*" o donas, y que en inglés reciben el nombre de *pads*, son los que están dedicados a las perforaciones por donde se insertan los terminales de los componentes, para hacer su posterior soldadura en los circuitos impresos.

En la **figura 5.9** se muestran las formas más utilizadas para ellos: círculos, cuadrados, óvalos, y otras formas compuestas. El tamaño de estos puntos depende del tipo de terminal que se va a insertar y soldar en él. Un diámetro muy pequeño del punto puede resultar en su desaparición cuando se haga la perforación, o un punto muy grande, desperdicia el espacio en la plaqueta, **figura 5.10**

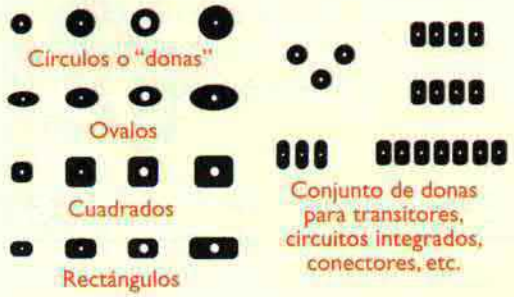


Figura 5.9. *Formas más utilizadas para las donas o puntos de conexión*

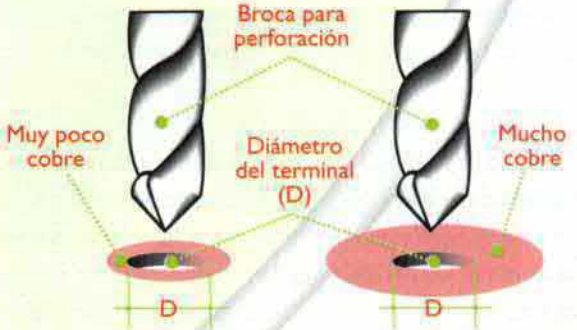


Figura 5.10. *Diámetro externo de los puntos de conexión*

Conocimiento de los componentes electrónicos

Este conocimiento comprende su forma, tamaño o medidas, tipo de terminales o cables de conexión, polaridades, posibles reemplazos, etc. De estos factores depende en gran parte el diseño del circuito impreso. Debemos conocer también los voltajes y corrientes que circulan por las diferentes líneas de un circuito; esto determina su separación y espesor, ya que no es lo mismo un circuito de baja potencia que funciona con 6V de CC y unos pocos mA, que un circuito que trabaja con 110V de CA con varios amperios.

Medidas de los componentes

El tamaño de los circuitos impresos depende de las medidas de sus componentes. Por eso se deben conocer su forma y tamaño, y en cuanto a sus terminales, la cantidad, disposición y separación. En la **figura 5.11**, mirando por debajo del circuito impreso, tenemos varios tipos de componentes, la línea punteada indica su forma y tamaño, y como se puede ver, en cada terminal debe ir un punto de conexión. En algunos componentes debe existir una separación entre su cuerpo y los puntos de conexión. En las resistencias, diodos y condensadores de tipo axial, por ejemplo, se debe dejar más o menos un milímetro entre su cuerpo y el punto en

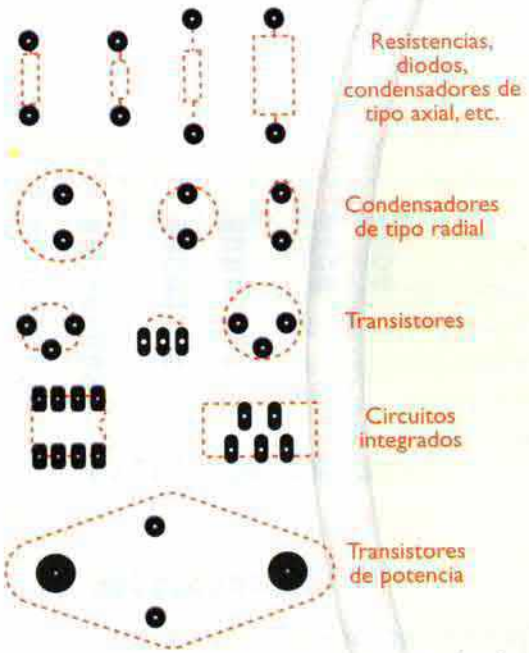


Figura 5.11. *Tamaño real de algunos componentes electrónicos*

Figura 5.12. *Medidas para el espacio ocupado por una resistencia*

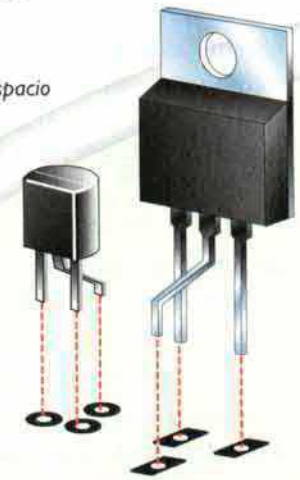


Figura 5.13. *Configuración de los puntos de conexión para los transistores*

donde se dobla el terminal, **figura 5.12**. En los transistores, cuyo cuerpo y separación entre terminales es muy pequeño, los puntos de conexión se pueden separar hasta permitir que éstos tengan el tamaño adecuado para admitir la perforación, **figura 5.13.** En los circuitos integrados las medidas de los puntos de conexión son fijas, ya que los terminales son muy rígidos y cortos y no se pueden desplazar de su medida original, **figura 5.14**. Recordemos que el diseño se debe hacer siempre pensando en el proceso de ensamblaje.

Las medidas de los componentes electrónicos se expresan generalmente en décimas de pulgada, de acuerdo a los estándares establecidos desde hace mucho tiempo por el sistema americano. En nuestro caso, como trabajamos con el sistema decimal, se convierten estas medidas a milímetros y centímetros. Sin embargo, para los circuitos integrados es necesario conservar las medidas en décimas de pulgada, pues es muy difícil dibujar los puntos con separaciones de 2,54 mm entre ellos, **figura 5.15**. Si usted trabaja o piensa trabajar con frecuencia en el diseño de circuitos impresos, le recomendamos que tenga una regla con divisiones marcadas en décimas de pulgada (0,1").

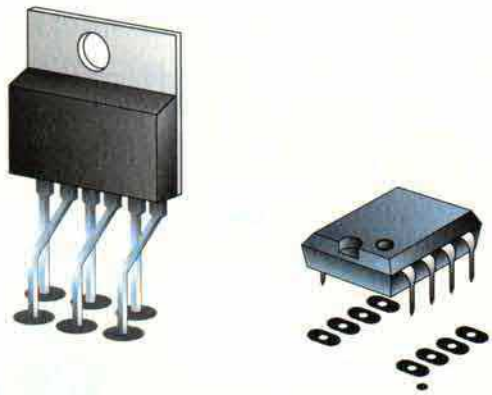


Figura 5.14. *Configuración de los puntos de conexión para los circuitos integrados*

Trazado de las líneas

Las líneas que unen los puntos de conexión en los circuitos impresos deben cumplir con ciertos requisitos. Si son muy delgadas, se pueden romper en el proceso de rebajado químico, y si son muy gruesas, no dejan espacio para otras líneas. Eléctricamente su ancho determina la capacidad de corriente en amperios que pueden manejar. Para circuitos de baja potencia, una línea de 0,5 mm es suficiente. Si hay espacio disponible se puede utilizar 1 mm como anchura para todas las líneas. Si hay partes del circuito que manejan corrientes altas, se deben utilizar líneas más gruesas.

Primeros pasos para el diseño

Aunque no existen reglas exactas para este procedimiento, vamos a dar algunas sugerencias que lo facilitan.

a. Trabaje siempre con lápiz, ya que lo más seguro es que un diseño se deba corregir muchas veces antes de quedar terminado.

b. Tómese un buen rato para analizar detenidamente el diagrama esquemático; seguramente le surgirán varias ideas sobre la manera óptima de distribuir los componentes.

c. Un circuito impreso debe tener el menor tamaño posible, sin que ésto dificulte su ensamblaje y conexión a los otros elementos del aparato.

d. Los componentes se deben colocar en forma paralela o perpendicular a los bordes de la plaqueta, en ningún caso transversales, reservando un área para su cuerpo y marcando los puntos para los terminales.

e. Procure, en lo posible, distribuir los componentes en toda la superficie dejando uno o dos milímetros de separación entre ellos, para que éstos se puedan montar fácilmente. Si no se deja este espacio, puede quedar uno montado sobre el otro.

f. Los elementos que producen calor, como transformadores, resistencias, diodos, transistores y circuitos integrados de potencia, con sus disipadores, deben tener un área libre para que no afecten el funcionamiento de los otros componentes.

g. Tenga en cuenta la orientación de los pines o terminales en los componentes que van polarizados (diodos y condensadores electrolíticos), o que tienen una distribución única de ellos (transistores y circuitos integrados) para que en el diseño no queden cambiados.

h. Si hay algún componente que necesite un ajuste mecánico, como potenciómetros del tipo *trimmer*, bobinas y condensadores variables, se debe dejar el espacio y la forma adecuada para hacerlo sin dificultad. En la mayoría de los casos éstos se dejan cerca a un borde del circuito impreso, **figura 5.16**.

i. Si hay componentes que tienen un peso mayor de lo normal, deben tener algún soporte mecánico para asegurarlos al circuito impreso, o montarlos por fuera de éste.

Componentes externos

Lo ideal en un circuito electrónico es que todos sus componentes vayan montados sobre el circui-

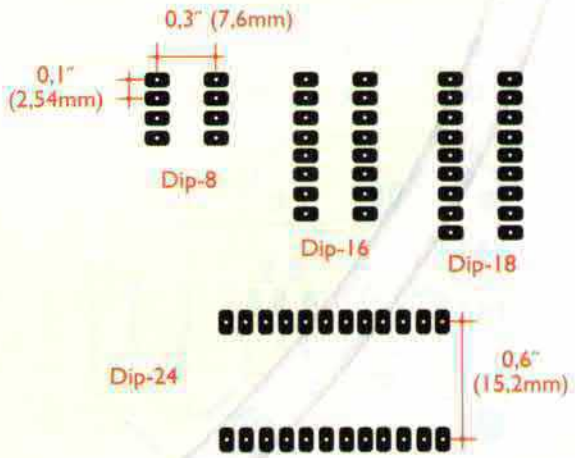


Figura 5.15. *Separación de los puntos de conexión en los circuitos integrados*

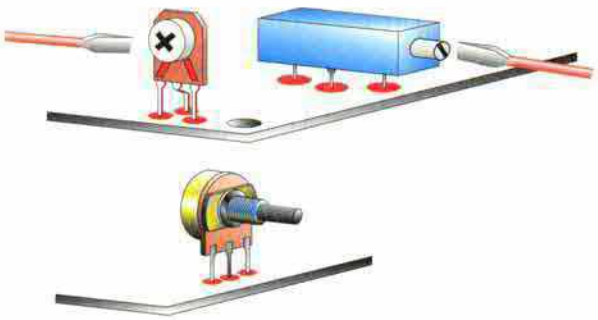


Figura 5.16. *Los componentes ajustables deben quedar cerca a los bordes del circuito impreso, para poder manipularlos*

to impreso. Esto facilita su ensamblaje y garantiza un mejor funcionamiento. Sin embargo, en la mayoría de los casos esto no es posible, ya que hay algunos componentes que por su forma y tamaño deben ir montados sobre los paneles (frontal y trasero) o en el *chasis* de los aparatos. Tal es el caso de los transformadores, interruptores, potenciómetros, indicadores (LED, voltímetros, etc.), conectores, portafusibles y cables de alimentación, entre otros. Para conectar los elementos externos con los otros componentes que están montados sobre el circuito impreso, se debe dejar una dona o *pad* para allí colocar un terminal o para insertar el cable que va hacia dicho elemento. Muchas veces se agrupan varios puntos de conexión externos por medio de conectores. La utilización de estos elementos es muy recomendable ya que facilitan el ensamblaje y la reparación de los circuitos y aparatos.

Cómo empezar

Dibuje de manera aproximada la forma y tamaño de los componentes, ya que si los mide uno por uno, se tomará mucho tiempo; utilice líneas punteadas para evitar confusión con las líneas del circuito. Dibuje círculos pequeños para los puntos de conexión y líneas delgadas para los trazos. Cuando considere que el diseño está listo, revíselo nuevamente para buscar una mejor forma de acomodar los componentes o cambiar el trazado de las líneas. Este proceso se debe hacer varias veces hasta lograr el diseño final.

Ejemplo del diseño manual de un circuito impreso

Para aplicar la teoría enunciada, haremos como ejemplo el diseño del circuito impreso para un circuito generador de señales o multivibrador, formado por dos transistores PNP, varias resistencias y condensadores, cuyo diagrama se muestra en la **figura 5.17a.** Teniendo los componentes a mano, conociendo su tamaño y la separación entre sus terminales, debemos distribuirlos de tal manera que sea fácil su interconexión. Observando detenidamente el diagrama debemos llegar a la ubicación de los componentes, tal como se muestra en la **figura 5.17b.** Éste es quizás el paso y el momento más importante en el diseño, ya que de esta distribución depende en gran parte que el trazado se haga fácilmente. Aquí es donde entran en juego la imaginación y la estética.

Se debe establecer una agrupación ordenada y lógica de los componentes, de acuerdo a sus conexiones entre sí, o a puntos comunes en el diagrama, como la alimentación positiva y la negativa o áreas de entrada y de salida. Esta distribución no tiene reglas fijas y cada persona la hará diferente, pero, al final el resultado debe ser el mismo. El tamaño de los componentes se dibuja en forma aproximada y en el diseño final se ajusta a la medida real. En este caso podemos ver, por ejemplo, que se han alineado todas las resistencias en un solo lado, y al otro, los dos transistores y

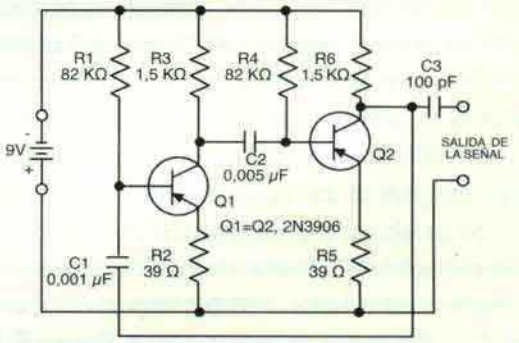


Figura 5.17a. *Diagrama esquemático del ejemplo*

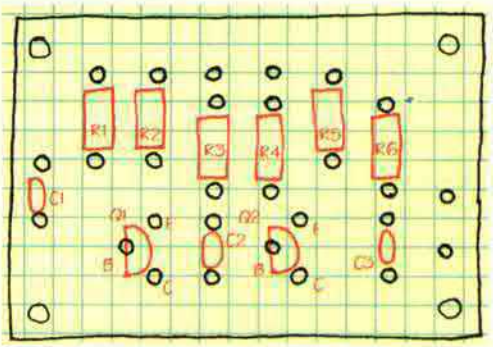


Figura 5.17b. *Pasos para el diseño de un circuito impreso*

los dos condensadores. Los transistores son los elementos centrales del circuito, alrededor de los cuales van conectados los demás componentes. Note que se han dejado cuatro puntos de conexión externos: dos para la alimentación (+ y -) y dos para la salida de la señal. En este caso se utilizarán terminales para circuitos impresos, llamados *espadines*.

Iniciamos con la unión del terminal de alimentación negativo con uno de los terminales de las resistencias R1, R3, R4 y R6, **figura 5.17c**. Como se ve, las líneas unen los círculos y pasan por debajo de los componentes; recuerde que lo que se está dibujando son líneas de cobre que están por debajo de la baquelita o lámina del circuito impreso. En la práctica, para facilitar el diseño, se pueden resaltar con un marcador rojo, en una copia del diagrama, las líneas conectadas. Continuando con el diseño, se conectan el terminal positivo, una de las salidas de señal, y las resistencias R2 y R5, **figura 5.17d**.

En la **figura 5.17e** se muestra la conexión entre C1, el colector de Q2, un terminal de R6, y uno de C3. Finalmente, en la **figura 5.17f** tenemos la conexión de los terminales restantes de los componentes del circuito. Como notarán, se han utilizado líneas rectas y ángulos a 45° lo que agiliza el diseño y le da una buena presentación. Una vez terminadas las conexiones de todo el circuito, debemos revisar varias veces si el diseño corresponde al diagrama para evitar la pérdida de tiempo valioso cuando se fabrica el prototipo del circuito impreso. Con el diseño definitivo en borrador, se debe hacer el diseño final a mano o en la computadora, el cual debe quedar como se muestra en la **figura 5.18**.

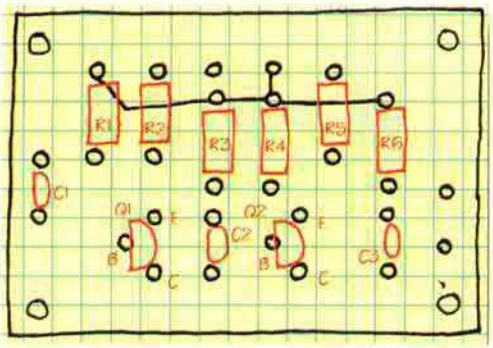


Figura 5.17c

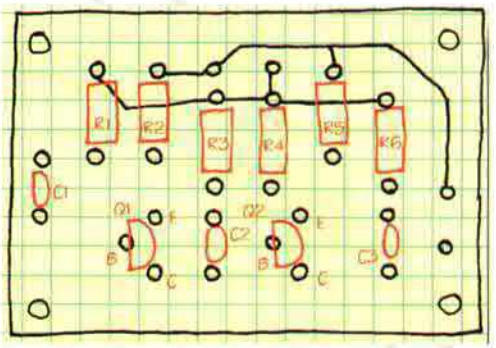


Figura 5.17d

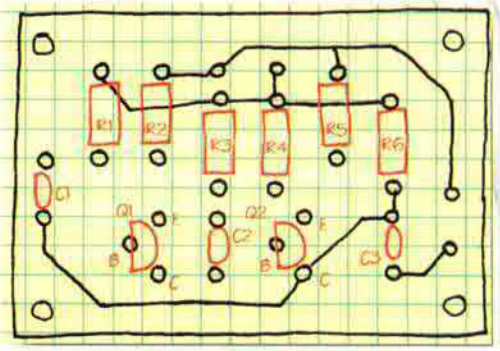


Figura 5.17e

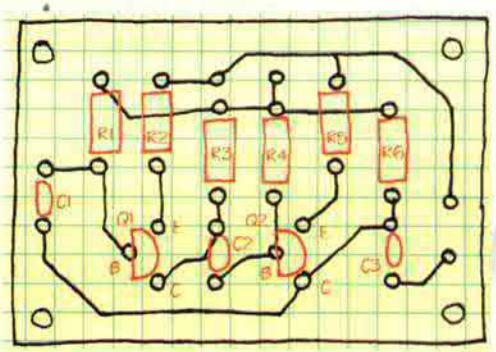


Figura 5.17f

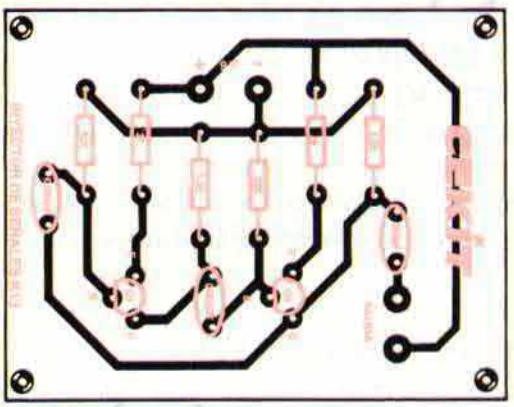


Figura 5.18. *Diseño final del ejemplo*

Fabricación de circuitos impresos

A partir del diseño, mostrado en la figura 5.18, se debe obtener un arte final con las medidas reales para que, a partir de éste, se fabrique el prototipo del circuito impreso. Este diseño final puede hacerse con el método tradicional de dibujo manual con plantillas de círculos, reglas, tinta china, etc., o utilizando plantillas especiales diseñadas para tal fin. Cuando se diseñan circuitos impresos a nivel profesional o industrial, se recomienda hacerlos en escala de 2 a 1 (2:1) con el fin de facilitar el trabajo y lograr una mejor calidad. Esto quiere decir que todas las medidas de los componentes se dibujan al doble de su tamaño real y luego, por métodos de *fotomecánica*, se reduce el diseño a su tamaño normal.

Método con un marcador de tinta especial

A continuación, explicaremos paso a paso este método, que por su sencillez y efectividad, es el más recomendado para los que se inician en la electrónica práctica. Con unos pocos materiales de bajo costo, y siguiendo con cuidado las instrucciones, se puede lograr un prototipo de un circuito impreso, a partir de un diseño, en menos de 30 minutos.

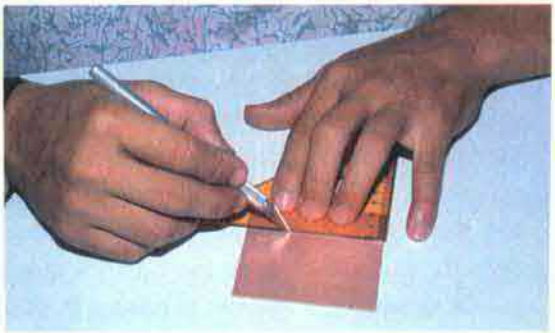
El método consiste en dibujar sobre el lado del cobre el diseño del circuito impreso utilizando un marcador de tinta que no se borra con los líquidos, luego, éste se sumerge en una solución corrosiva que elimina el cobre que no está dibujado. Los elementos básicos que se utilizan para este procedimiento son: un lapicero o marcador de tinta especial, una esponjilla o tela abrasiva limpiadora, la placa de baquelita y cobre, y el compuesto corrosivo, **figura 5.19**.

Figura 5.19. *Materiales para fabricar el prototipo del circuito impreso*

Paso 1. Corte de la lámina para el circuito

De acuerdo al diseño definitivo, marque con un lápiz el tamaño del circuito impreso sobre la baquelita y con una sierra de mano de dientes suaves, haga el corte con cuidado para no dañar la placa ya que este material es muy frágil, **figura 5.20**. También se puede cortar la lámina haciendo varias pasadas (unas cinco veces) por ambos lados con el lado opuesto al filo de una cuchilla o bisturí, hasta que se pueda quebrar sin problema, **figura 5.21**. Con el último método, el corte queda más recto. Luego, con una lima plana, elimine las asperezas que pudieran quedar en los bordes de la placa después del corte.

Figuras 5.20 y 5.21. *Cortando la lámina sin procesar*



Paso 2. Traslado del diseño del circuito a la lámina de cobre

a) Obtenga una copia del diseño original (vista por debajo) y corte el papel dejando unos dos centímetros por fuera de cada borde del diseño.

Coloque este papel sobre la placa por el lado del cobre y doble los bordes hacia adentro para que el dibujo no se mueva; si es necesario, fije la hoja a la placa con cinta adhesiva por el lado de la baquelita, tal como se indica en las **figuras 5.22a** y **5.22b**.

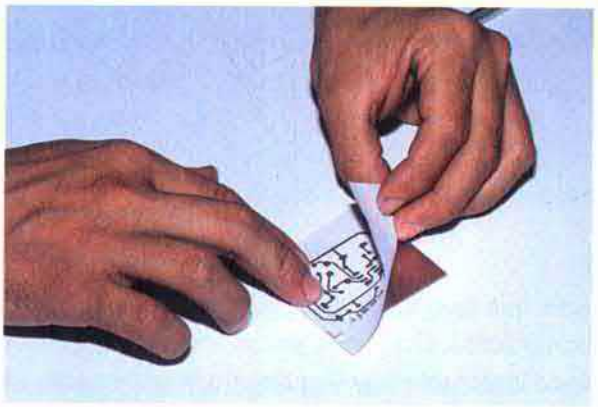


Figura 5.22a. *Se debe colocar el dibujo sobre la plaqueta*

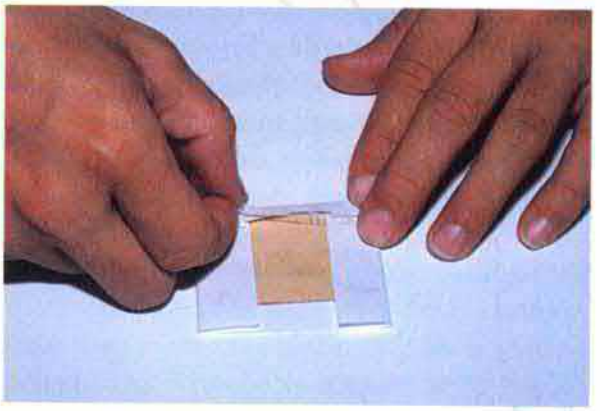


Figura 5.22b. *El papel se debe asegurar por detrás*

Con un punzón, o una aguja gruesa, marque los puntos que corresponden a cada círculo del circuito impreso, **figura 5.23**. Estos círculos sirven como guías para las perforaciones. Cuando esté seguro de que todos los puntos quedaron marcados, retire la hoja con el dibujo que sirvió como patrón.

Figura 5.23. *Marcando los puntos sobre la plaqueta*

b) Tome la lámina para el circuito impreso y límpiela bien con una esponja de alambre fino, de las que se utilizan para limpiar los utensilios de cocina, hasta que el cobre quede brillante, **figura 5.24**. Tenga cuidado de no engrasar la superficie con los dedos después de limpiarla. Es obligatorio hacer esta limpieza debido a que el cobre se oxida fácilmente al entrar en contacto con el oxígeno del aire y no permite actuar al líquido corrosivo, dañando el proceso de fabricación del circuito impreso.

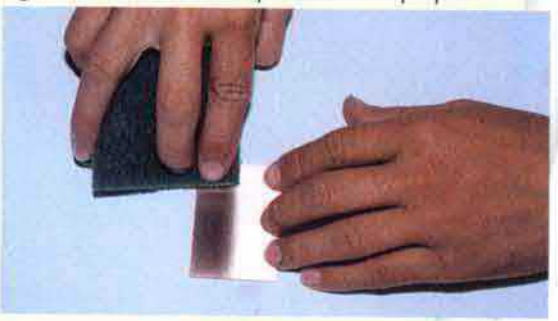


Figura 5.24. *Limpieza de la plaqueta*

c) Con un lapicero especial de tinta antiácido, dibuje círculos pequeños de 3 mm aproximadamente alrededor de cada punto que haya dejado el punzón, **figura 5.25**. Deje secar por un momento la tinta y repinte varias veces los círculos; tenga cuidado de no apoyar la mano sobre el cobre para no engrasarlo. Para este procedimiento puede utilizar una plantilla de círculos; así las *donas* quedarán bien redondas. **La tinta de este lapicero es muy volátil y se seca rápidamente, por lo tanto no lo deje destapado mucho tiempo ya que su punta se seca y le impide el paso a la tinta.**

Figura 5.25. *Haciendo los círculos sobre los puntos marcados*

d) Después de completar los círculos, y pasando suavemente el marcador, dibuje las líneas o *pistas* del circuito impreso, tomando el diseño original como muestra la **figura 5.26**. Estas líneas se pueden hacer a mano alzada o utilizando una regla para que ellas queden bien rectas.

Cuando finalice este paso, repinte las pistas nuevamente, **figura 5.27**, para que las líneas queden bien marcadas, ya que de esto depende en gran parte el buen resultado de este método, Revise varias veces el diseño para no cometer errores o dejar líneas sin marcar. Si encuentra un error, puede borrar raspando la línea con una cuchilla y volver a dibujar la línea correcta.

Paso 3. Eliminado del cobre excedente

Para que los trazos o pistas del circuito impreso queden establecidos en forma definitiva, se debe remover de la lámina el cobre sobrante, o sea aquel que no está cubierto por la tinta especial. Este procedimiento recibe el nombre de rebajado o *etching* y se puede efectuar en una cubeta de plástico con el tamaño adecuado, según el circuito impreso.

Para remover el cobre se utiliza un producto líquido corrosivo de fácil preparación. Sus componentes son: agua y **percloruro férrico**, el cual se consigue en forma de polvo en los almacenes de suministro de productos químicos. La proporción del percloruro debe ser del 50% con respecto a la cantidad de agua.

Dependiendo de su tamaño, vierta en la cubeta 250 a 500 c.c. (1/4 a 1/2 litro) de agua preferiblemente pura (de lluvia) o destilada; el agua del suministro público contiene cloro y otros elementos que neutralizan el percloruro férrico. Utilizando siempre guantes de caucho o de plástico, agregue lentamente unos 150 gramos de percloruro de hierro en polvo hasta disolverlo completamente en el agua, **figura 5.28.**

Mientras hace esto, notará que la temperatura de la solución aumenta, expidiendo gases tóxicos que no deben ser respirados; por lo tanto, esta mezcla debe ser hecha en un lugar suficientemente ventilado.

Figura 5.26. *Haciendo las líneas para unir los puntos*

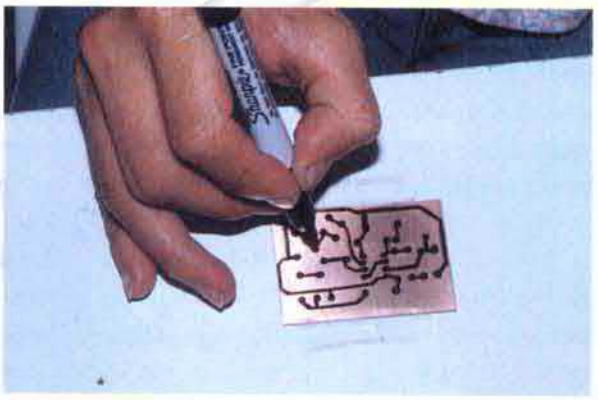


Figura 5.27. *Repintando las líneas para que queden bien marcadas*

Precaución: El percloruro férrico es un ácido muy corrosivo, que no sólo ataca los metales sino también la ropa y la piel. Evite el contacto directo tomando todas las precauciones necesarias y utilice guantes de caucho durante todo el proceso. Si en algún momento el ácido entra en contacto con alguna parte de su cuerpo, lávese con agua abundante, y si hay quemadura o molestia, acuda a un centro de salud.

Lista la solución, y, después de revolverla suavemente, se coloca la lámina del circuito impreso en la cubeta con el lado del cobre hacia arriba y se agita periódicamente en forma suave y en un sólo sentido para evitar el derramamiento del ácido, **figura 5.29**. En unos 10 ó 12 minutos, el cobre sobrante será removido. Es conveniente sacar con una pinza plástica la plaqueta para inspeccionarla cada 3 ó 5 minutos. Mientras la revisa, se dará cuenta que el cobre se va eliminando hasta quedar solo el trazado

Figura 5.28. *Preparación del percloruro férrico*

del circuito impreso. Si dejamos mucho tiempo la lámina en el ácido, el cobre empezará a deteriorarse y se puede perder el trabajo. Esta es una de las fallas más comunes que se presentan con este método y por lo tanto hay que poner mucho cuidado para que no ocurra.

Una vez que esté listo el circuito, retire la lámina y enjuáguela muy bien con agua. Guarde el líquido preparado en un recipiente de plástico ya que se puede utilizar varias veces. Lave muy bien sus manos y el recipiente, cuando termine este proceso, y deje secar la plaqueta por evaporación colocándola en forma vertical. La tinta especial no debe eliminarse, ya que protege el circuito contra la oxidación y sobre ella se pueden hacer las soldaduras sin ningún problema.

Nota: el dibujo y el rebajado del cobre se deben hacer el mismo día, porque una vez que se ha pulido el cobre, su oxidación ocurre en corto tiempo.

Paso 4. Perforación de los agujeros para los terminales

Proceda a hacer las perforaciones en todos los círculos o *donas* utilizando un taladro pequeño o *Moto-Tool*, **figura 5.30**, que es una herramienta muy apropiada para este fin. Utilice una broca de 1/32" (0,8 mm) para todos los agujeros de los componentes y, si es necesario, amplíe con una broca de 3/64" (1,2 mm) las perforaciones donde se van a soldar componentes con terminales más gruesos o conectores.

También se deben perforar los agujeros por donde pasan los tornillos de sujeción de los circuitos en el *chasis* con una broca de 9/64" (3,5 mm). Con estas perforaciones, queda listo el circuito impreso para el paso siguiente en la elaboración del proyecto: insertar y soldar los componentes.

Los materiales para la elaboración fácil y rápida de protoipos de circuitos impresos se pueden conseguir en CEKIT y sus distribuidores, bajo la referencia **K-550, "Kit para fabricar Circuitos Impresos"**

Figura 5.29. *La plaqueta se debe sumergir en el percloruro férrico*

Figura 5.30. *Perforación de los agujeros para los terminales de los componentes*

Lección 6

Montaje y soldadura de los componentes electrónicos

La correcta instalación y soldadura de un componente electrónico en el circuito impreso es un factor determinante, tanto para el buen funcionamiento del proyecto, como para la calidad y buena presentación del mismo.

Para el ensamblaje de un circuito impreso se requieren básicamente tres herramientas muy simples y fáciles de conseguir, que son: un cautín para soldar, una pinza de punta pequeña y un cortafrío, **figura 6.1**. Lo más aconsejable es que el estudiante o experimentador electrónico adquiera unas herramientas de buena calidad desde el principio, así ello signifique una inversión costosa en ese momento. Esto asegura que, con un buen manejo, puedan durar muchos años, ya que una herramienta ordinaria tendría que remplazarse varias veces generando nuevos costos.

La soldadura para componentes electrónicos

En electrónica, el proceso de la soldadura es muy importante y tiene dos objetivos: unir mecánicamente las piezas o componentes y hacer una buena conexión eléctrica entre ellos. Si una o varias soldaduras quedan defectuosas, seguramente el circuito o aparato fallará; este tipo de soldaduras se llaman "soldaduras frías" y se reconocen por ser opacas o poco brillantes, y con una superficie no uniforme.

La soldadura que se utiliza en electrónica viene en forma de alambre y es una aleación o combinación de dos metales, estaño y plomo. Existen diferentes tipos de aleaciones pero la

Figura 6.1. *Herramientas básicas para el ensamblaje de proyectos electrónicos*

Figura 6.2. *Soldadura para electrónica*

más utilizada es la que contiene un 60% de estaño y un 40% de plomo, llamada comúnmente 60/40 lo que permite que el punto de fusión, o sea aquel en donde se funde, se logra a 370° F lo cual se obtiene fácilmente con los cautines fabricados para este propósito. La soldadura trae en su interior un compuesto químico fundente o **resina**, que sirve para acelerar la fusión, limpiar los contactos y para que el punto de unión quede con aspecto brillante. El diámetro de la soldadura debe ser pequeño, del orden de 1 mm, para que su fusión sea rápida. Ésta viene generalmente en carretes de 1/4, 1/2 y 1 libra. **Figura 6.2**

En la soldadura de los componentes de los circuitos impresos no se debe utilizar un compuesto conocido como "pomada para soldar", ya que ésta produce caminos conductores entre los trazos del circuito ocasionando un mal funcionamiento del mismo. Esta pomada puede utilizarse en algunos casos, para facilitar la soldadura de cables gruesos, en conectores o interruptores, por ejemplo.

El cautín para soldar

Todo estudiante o aficionado a la electrónica debe tener un cautín de punta fina, la cual debe ser fácil-

Figura 6.3. *Cautines de mayor potencia para soldar alambres gruesos y piezas de metal*

mente intercambiable y de fácil consecución en el mercado. Uno de buena calidad y muy económico es el cautín Weller de 25 Vatios. Sin embargo, se puede adquirir uno de otra marca, previo análisis de su construcción y calidad.

En ciertas ocasiones, para la soldadura de cables o alambres gruesos, o para la unión de dos piezas metálicas, caso que se puede presentar en algunos proyectos, es necesario tener un cautín de mayor potencia, entre 45 y 60 W, **figura 6.3**. Nunca se deben utilizar en electrónica las pistolas para soldar que se empleaban anteriormente ya que éstas producen demasiado calor y dañan fácilmente los semiconductores (diodos, transistores y circuitos integrados) y los otros elementos tales como resistencias y condensadores.

Estañado del cautín

Cuando se adquiere un cautín lo primero que se debe hacer es estañar su punta; esto también debe hacerse periódicamente cuando ésta se vaya gastando. Esta operación es muy importante, ya que facilita la fundición rápida de la soldadura, asegurando una buena calidad. Cuando se detecta que el cautín ya no funde la soldadura o lo hace muy mal, debe ser estañado nuevamente. Para hacerlo, debemos limpiar muy bien la punta con una cuchilla, una lima fina o papel de lija, después aplicamos soldadura en buena cantidad sobre la punta y, finalmente, limpiamos muy bien con un pedazo de tela, teniendo cuidado de no quemarnos. **Figura 6.4**

Montaje de los componentes

Antes de conocer cómo hacer las soldaduras, veamos algunos aspectos preliminares sobre el montaje de los componentes en el circuito impreso, lo cual es fácil y sencillo. Para hacerlo en forma correcta se deben tener en cuenta algunas consideraciones, las cuales, si son aplicadas con frecuencia, permiten una mayor posibilidad de que los aparatos que armemos funcionen bien y obtengan una óptima presentación. En la práctica, se encuentra que el 80% de las causas que hacen que un proyecto falle corresponde a errores de ensamblaje y malas soldaduras.

Antes de iniciar el montaje debemos asegurarnos de que tenemos disponibles todos los componentes del circuito. Esto es necesario para no suspender el ensamblaje por la falta de alguno de ellos. Además, si por alguna razón no se pueden obtener definitivamente, se perdería todo el trabajo realizado con los demás elementos desperdiciando tiempo y dinero.

En la selección de los componentes debemos utilizar los mismos para los cuales fué diseñado el

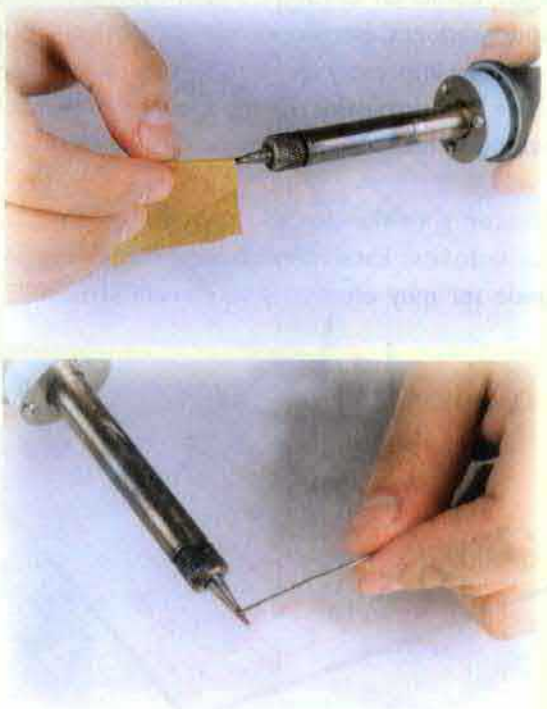


Figura 6.4. *Estañado del cautín*

Figura 6.5. *Doblando los terminales para que el componente se sostenga*

circuito impreso, ya que algunas veces un mismo elemento electrónico puede tener diferentes presentaciones (cambia la forma y el tamaño). El montaje en sí consiste en instalar los componentes en el circuito impreso, dejándolos listos para el proceso de soldadura; para hacer esta tarea existen diferentes métodos, como veremos a continuación.

Montar y soldar cada componente uno por uno: Es el método ideal cuando el circuito no es muy grande y se dispone de buen tiempo y paciencia. Se puede instalar muy bien cada elemento, verificando su posición y efectuando la soldadura detalladamente, lo que nos asegura una muy buena calidad de ensamblaje. Este método también permite hacer una última revisión al diseño del circuito impreso verificando cada una de las conexiones. Cuando los componentes tienen terminales largos, como en el caso de las resistencias y los condensadores, éstos se deben apoyar bien sobre el circuito impreso y luego se deben doblar ligeramente sus terminales para que el componente se sostenga y facilite la soldadura. **Figura 6.5**

Montar y soldar los componentes por tandas o lotes: Este método intermedio también puede ser muy efectivo y se ejecuta instalando y soldando varios componentes a la vez como grupos de resistencias, condensadores, transistores, bases para circuitos integrados, etc. Una buena costumbre sería montar y soldar lotes de cinco resistencias, por ejemplo. Esto permite acomodar y apoyar bien los componentes sobre la superficie del circuito impreso. **Figura 6.6**

Montar y soldar todos los componentes a la vez: Este sistema no es el más recomendable debido a que, por debajo del circuito impreso, se forma una gran congestión o "enredo" de terminales. Esto dificulta el proceso de soldadura y el posicionamiento de los componentes, ya que estos poseen diferentes formas y tamaños. **Figura 6.7**

Orden en el montaje

Para facilitar y hacer un buen montaje es necesario efectuarlo con cierto orden, especialmente debido a que la forma y tamaño de los componentes así lo requiere. Por lo tanto, sugerimos instalar y soldar primero los componentes de menor altura, como los puentes de alambre, luego las resistencias, los diodos, las bases para los circuitos integrados, los condensadores no polarizados (cerámicos, de poliéster, etc), los condensadores electrolíticos pequeños, los transistores y, por último, los componentes de mayor altura como los condensadores electrolíticos grandes los disipadores de calor y los conectores, entre otros.

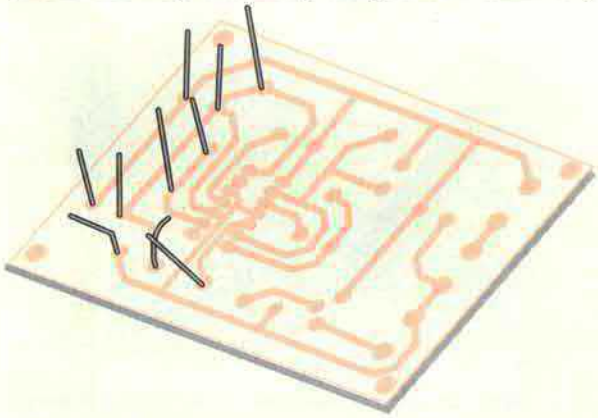


Figura 6.6. *Montaje de algunos componentes para su soldadura*

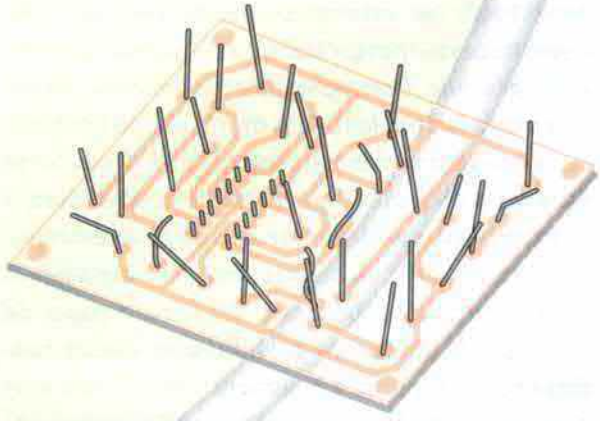


Figura 6.7. *No es recomendable montar todos los componentes a la vez antes de hacer las soldaduras*

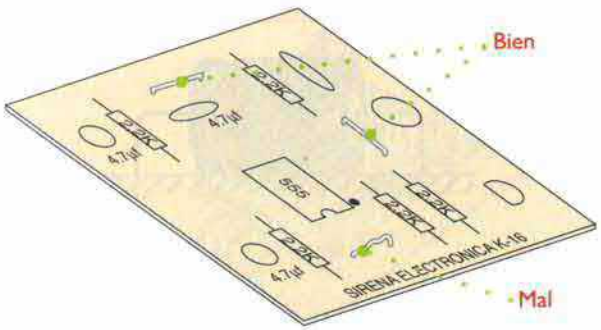


Figura 6.8. Puentes de alambre

Este orden propuesto no siempre es el mismo debido a la gran variedad de circuitos y componentes que hay en electrónica y debe ser la persona que ensambla el circuito quien determine en qué orden se hace el montaje, pero siempre teniendo en cuenta el ir de menor a mayor, en cuanto a la altura del componente. Un transformador que vaya en el circuito impreso, por ejemplo, se debe montar en último lugar ya que su tamaño y peso dificultarán la manipulación del circuito para el montaje de los demás componentes. Vamos ahora a dar algunas recomendaciones particulares sobre la instalación y soldadura de los componentes más comunes encontrados en los circuitos electrónicos.

Puentes de alambre. Estos son los primeros elementos que se deben instalar y soldar para poder apoyar la plaqueta durante el proceso. Ellos permiten la conexión de puntos del circuito impreso que no se pudieron lograr por medio de los trazos de cobre. Para hacerlos se utiliza alambre estañado calibre 22, el cual se puede obtener fácilmente del cable telefónico (eliminando su cubierta aislante). Corte los cables dos centímetros más largos que la longitud del puente e insértelos en los dos orificios provistos para él, halando fuertemente sus extremos con una pinza para que queden bien rectos y apoyados sobre la superficie del circuito impreso. **Figura 6.8**. Por el lado posterior, doble ligeramente sus terminales para que se sostengan y puedan hacerse las soldaduras.

Resistencias. Para montarlas doble en ángulo recto sus terminales dejando unos dos o tres milímetros desde el cuerpo hasta el terminal. Para la estética es importante que éstas queden centradas sobre los dos orificios de montaje y bien apoyadas sobre la superficie del circuito impreso. Las de potencia (mayores de 2 vatios), se deben montar ligeramente levantadas de la superficie con el fin de no recalentar la plaqueta. Algunas veces, para ahorrar espacio, las resistencias se montan en forma vertical, para lo cual se recomienda doblar el terminal superior en ángulo recto. Como método para organizar el trabajo, se recomienda instalar las resisten-

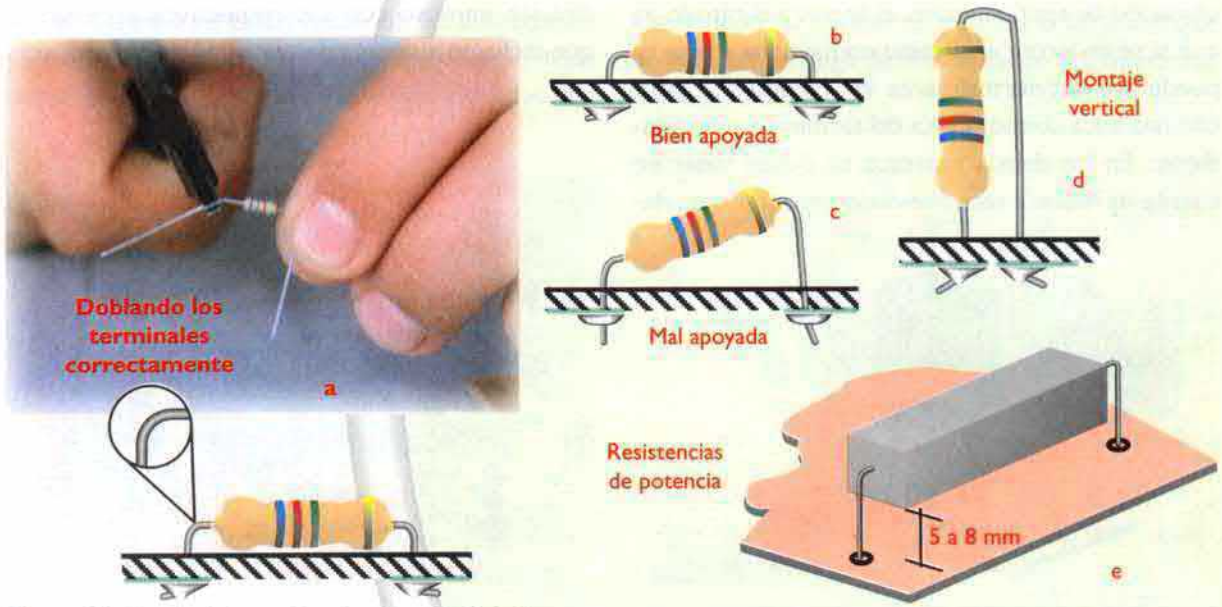


Figura 6.9. Montaje de las resistencias en un circuito impreso

Figura 6.10. *Montaje de los condensadores*

cias en orden ascendente, R1, R2, R3, etc., lo que permite ir chequeando con la lista de materiales y la guía de montaje. **Figuras 6.9a, b, c, d y e.**

Condensadores. Normalmente se utilizan dos tipos de condensadores: los polarizados o electrolíticos y los no polarizados. Con respecto al montaje, los polarizados vienen en dos formas: radiales y axiales. Para su montaje se debe tener en cuenta su correcta ubicación, con tal fin los circuitos impresos vienen generalmente marcados con un signo positivo (+) que sirve como guía para la persona que hace el ensamblaje; también se debe apoyar bien el condensador sobre la superficie del circuito impreso. **Figura 6.10.** Tal como lo mencionamos para las resistencias, es una buena costumbre montar los condensadores en orden (C1, C2, C3, etc.), y de menor a mayor en cuanto a su tamaño se refiere.

Diodos. El aspecto más importante para tener en cuenta en el montaje de los diodos, es la correcta ubicación de sus terminales, el ánodo y el cátodo, ya que si se invierten el circuito no funciona y éste se puede averiar; normalmente el cátodo se marca con una línea ubicada cerca del terminal correspondiente. En los demás aspectos, se deben tener en cuenta las mismas recomendaciones anteriores debido a que su forma física se parece a la de las resistencias. También se debe tener en cuenta que el tiempo para la soldadura debe ser menor, ya que estos se pueden averiar si se calientan demasiado.

Transistores pequeños. El aspecto más importante con ellos es conservar la posición correcta de sus terminales: emisor (E), base (B) y colector (C), en los transistores bipolares; y, fuente o surtidor (S), drenador (D) y compuerta o *gate* (G), en los transistores tipo FET. Se debe dejar un espacio de unos 5 a 8 mm entre el circuito impreso y el cuerpo del componente, para permitir el contacto de las puntas de prueba de los instrumentos (multímetros, osciloscopios, etc.). **Figura 6.11.** La soldadura de sus terminales debe hacerse rápido ya que son sensibles a las altas temperaturas y pueden averiarse.

Transistores de potencia. Generalmente éstos se montan sobre disipadores de calor externos al circuito impreso con sus respectivos accesorios, que incluyen aislantes de mica y plástico, y los tor-

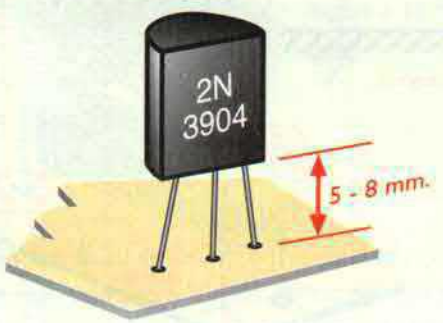


Figura 6.11. *Montaje de los transistores pequeños*

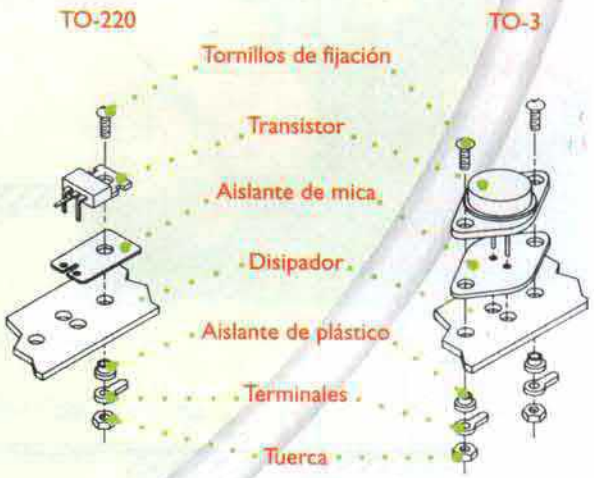


Figura 6.12. *Montaje de transistores de potencia*

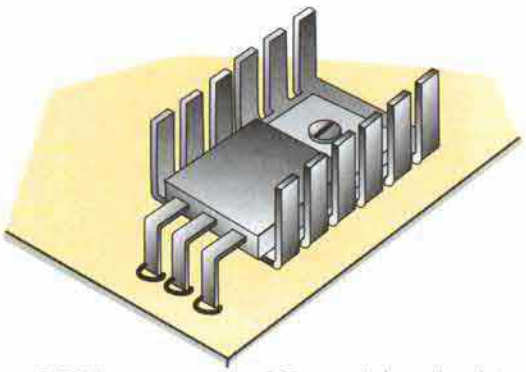


Figura 6.13. Transistores, triacs, SCR y reguladores de voltaje montados sobre un disipador en el circuito impreso

nillos correspondientes. La **figura 6.12** muestra la forma en que se hace el montaje para los dos tipos de transistores de potencia más comunes; el encapsulado o empaque que ellos poseen se conoce con el nombre de TO-220 y TO-3.

Algunos transistores de mediana potencia o circuitos integrados tales como los reguladores de voltaje, pueden ir montados sobre el circuito impreso incluyendo un disipador más pequeño. Estas indicaciones se pueden asimilar también para los SCR y triacs que tienen la misma forma, generalmente del tipo TO-220. **Figura 6.13**

Circuitos integrados. Se deben montar preferiblemente sobre bases o *sockets*, **figura 6.14**, con el fin de poder remplazarlos fácilmente en caso de avería. Cuando se estén haciendo las soldaduras, ya sea de la base o del circuito integrado, se debe tener mucho cuidado de no unir con ellas dos terminales adyacentes ya que estos se encuentran muy cerca. En el momento de instalar el circuito integrado sobre la base, se debe observar la posición correcta, indicada generalmente por un círculo en el pin N° 1. **Figura 6.15**

Conectores. Para las conexiones externas al circuito impreso (interruptores, potenciómetros, diodos LED, parlantes, transistores de potencia, etc.) se deben utilizar, en lo posible, conectores que permitan conectar y desconectar fácilmente estos elementos. En su montaje, debe verificar que queden en la posición correcta y bien apoyados sobre el circuito. Para su soldadura se requiere generalmente dejar el cautín un tiempo ligeramente mayor que el utilizado en los demás componentes, debido a que sus terminales son más gruesos y requieren mayor calor para asimilar la soldadura.

Cómo hacer buenas soldaduras

Para hacer una buena soldadura son necesarias varias condiciones a saber: tener el cautín bien estañado, que su punta esté a una buena temperatura, y que los terminales de los componentes, alambres y el circuito impreso, estén muy limpios. También hay que montar los componentes y demás elementos que van a ser soldados, colocándolos en la posición correcta. Una vez que se ha instalado el componente, alambre o terminal que se va a soldar, siga detenidamente las siguientes instrucciones:

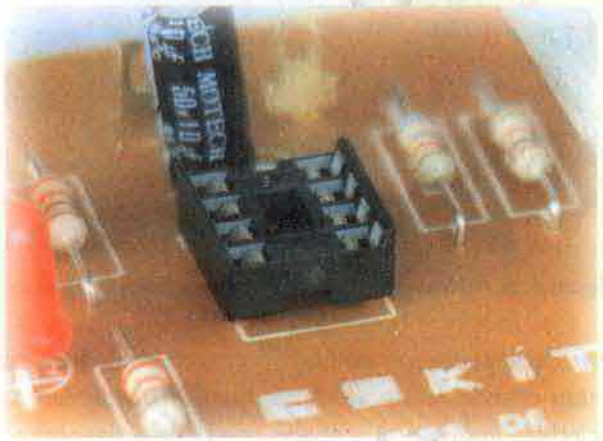


Figura 6.14. Montaje de bases para los circuitos integrados

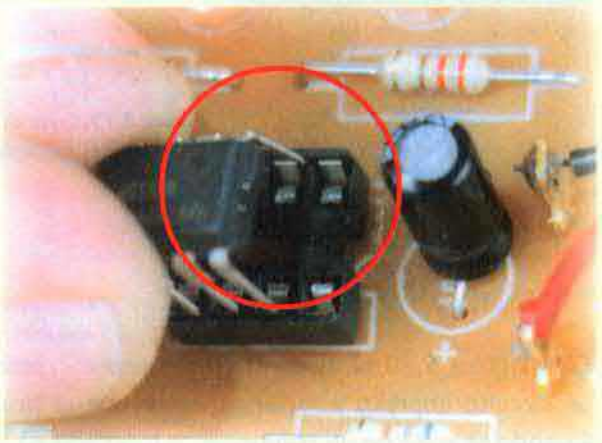


Figura 6.15. Montaje correcto del circuito integrado sobre la base

Paso 1: Limpie muy bien, con una cuchilla, la parte de los componentes y el circuito impreso en donde se va aplicar la soldadura. De una buena limpieza depende en gran parte la calidad de la soldadura. En el caso de los circuitos impresos, es muy probable que cuando los recibe el usuario hayan estado almacenados por un tiempo y estén un poco oxidados. Si es así, limpie bien cada uno de los puntos donde se hacen las soldaduras de los terminales de los componentes antes de ensamblar el proyecto. **Figura 6.16**

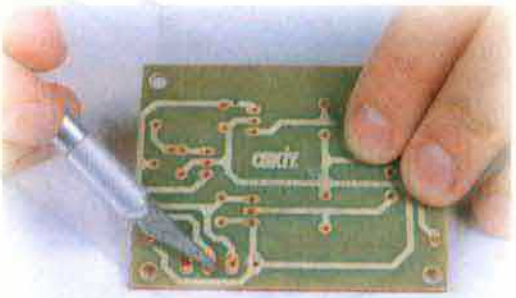


Figura 6.16. *Limpieza del circuito impreso*

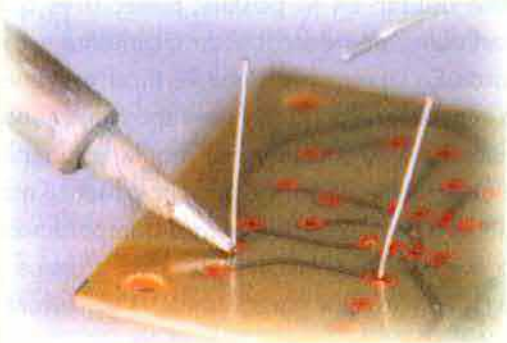


Figura 6.17. *El calor se debe aplicar sobre los dos elementos simultáneamente*

Paso 2: Una vez que el cautín esté bien caliente, aplique con firmeza calor con la punta a las dos superficies simultáneamente (el circuito impreso y el terminal del componente), haciendo perfecto contacto entre ellas y dejándolo así unos tres o cuatro segundos. **Figura 6.17**

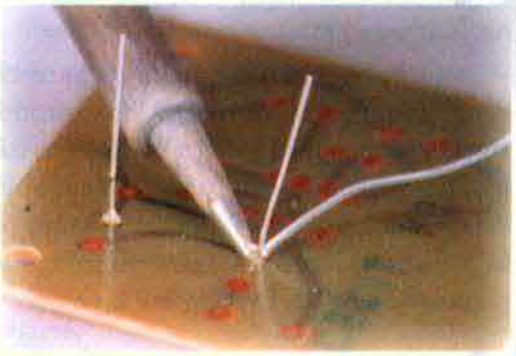


Figura 6.18. *Aplicación de la soldadura.* ***El cautín debe permanecer inmóvil***

Paso 3: Aplique soldadura moderadamente durante dos o tres segundos y retírela dejando aún el cautín en el punto de contacto. El estaño se fundirá y fluirá por toda la zona del punto tomando la forma de los conductores soldados. Retire luego el cautín y deslícelo por el terminal hacia arriba; deje enfriar el punto, procurando no hacer ningún movimiento hasta que hayan transcurrido unos 10 segundos. **Figura 6.18**

Figura 6.19. *Corte de los terminales sobrantes*

Paso 4: Una vez hecha la soldadura, se deben cortar los terminales sobrantes en el caso de los componentes montados en un circuito impreso. **Figura 6.19**

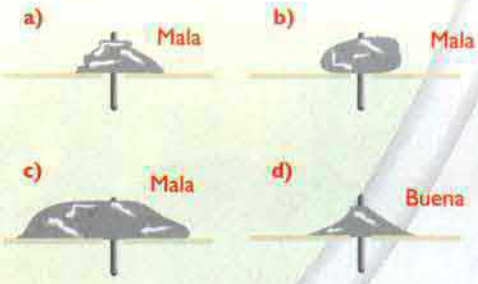


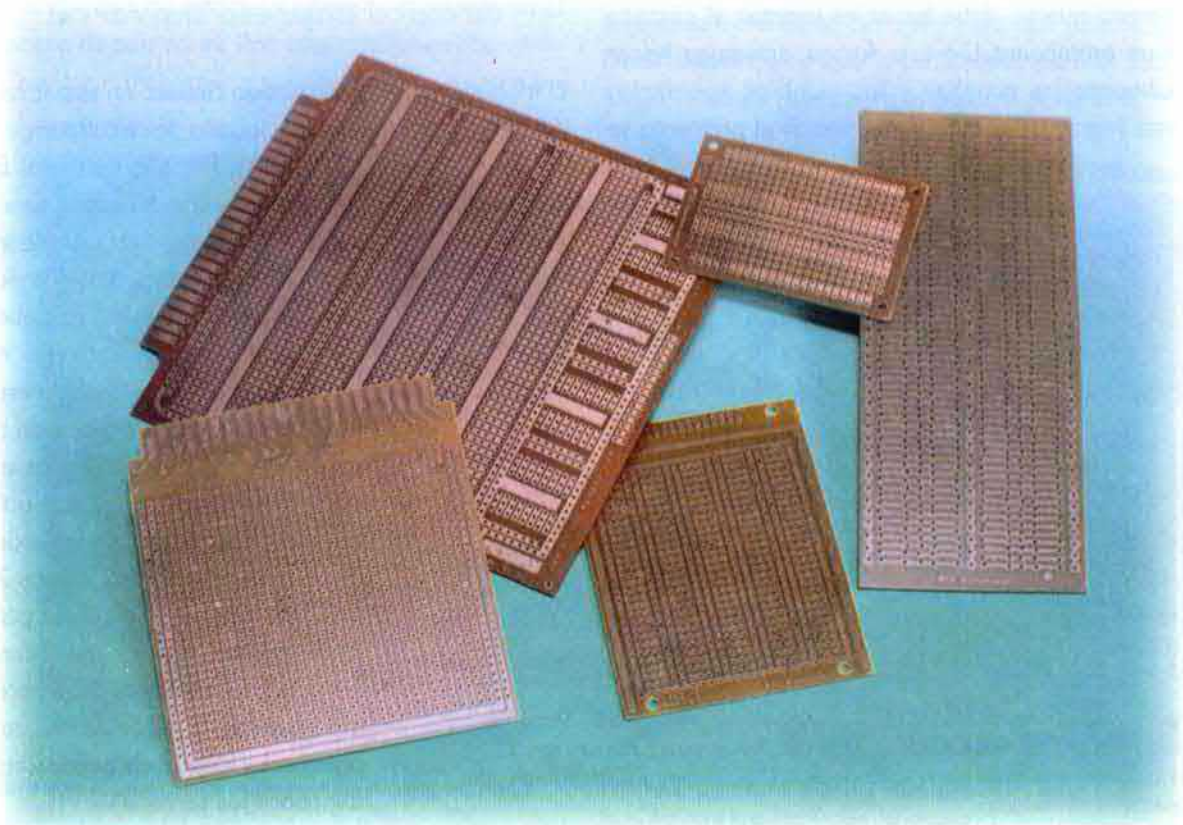
Figura 6.20. *Aspecto de una buena soldadura y varias mal hechas*

En la **figura 6.20** se muestran el aspecto correcto que debe presentar un buen punto de soldadura en un circuito impreso y varios aspectos que se presentan cuando no se utiliza un buen procedimiento. Cuando se trata de un componente montado en un circuito impreso, el acabado que debe presentar el punto de soldadura debe ser en forma de cono y no en forma esférica o abultada.

Lección 7

Los circuitos impresos universales

Los circuitos impresos universales o tableros de prueba con soldadura, como se les llama en ocasiones, permiten el montaje de proyectos electrónicos de una manera rápida y simple ahorrando así el tiempo que se invierte en diseñar y fabricar el prototipo del circuito impreso. Esta técnica se utiliza cuando solamente se va a ensamblar un solo circuito o proyecto.



Básicamente, un circuito impreso universal es un componente que sirve para montar en él prototipos de circuitos o proyectos electrónicos; es por esto que su estructura es similar a la del *protoboard*. En la **figura 7.1** se muestra la forma en que están unidos los puntos donde se insertan los pines de los componentes en uno de los modelos comunes (CEKIT EF-00).

Los circuitos impresos universales tienen diferentes tamaños y configuraciones, pero, en general, poseen columnas con 3 ó más perforaciones, separadas a una distancia de 0,1" (2,54 mm) lo que permite insertar fácilmente circuitos integrados normales, transistores, resistencias y condensadores, entre otros. Al igual que los *protoboards*, también tienen pistas de circuito impreso a lo largo de la tarjeta, las cuales sirven como buses o líneas para conectar los voltajes de alimentación. En la **figura 7.2** se muestran algunos tipos de circuito impreso universal que se pueden conseguir en el mercado y sus principales características.

Como ya lo hemos mencionado, para ensamblar un experimento o un proyecto electrónico, lo primero que se debe hacer es montar el circuito en un *protoboard*. De esta forma, podemos hacer fácilmente las pruebas y los cambios necesarios hasta lograr un diseño definitivo. Si el proyecto se va a llevar a un montaje final por una sola vez, una buena opción es utilizar un circuito impreso universal. Así, se puede obtener un montaje permanente en muy corto tiempo. Si se desea producir en serie el diseño que se ha probado en el circuito impreso universal, se puede proceder a diseñar de un circuito impreso específico para ese proyecto.

Cortesía MAGOM Electrónica

Figura 7.2. *En el mercado se consiguen circuitos impresos universales de diferentes configuraciones y tamaños, la diferencia radica en el número de puntos que poseen y en la forma en que están distribuidos.*

Montaje de componentes en el circuito impreso universal

El montaje de un determinado circuito en esta forma depende del modelo seleccionado de circuito impreso universal. Por ello, debemos familiarizarnos con su estructura y analizar muy bien cada uno de los modelos disponibles. Los componentes que van unidos se deben insertar en las perforaciones de una misma columna. Cuando esto es imposible, dada la disposición de los pines o que los elementos están muy separados, se puede utilizar, para hacer puentes y conexiones, alambre telefónico calibre 20 ó 22, del mismo que se usa para hacer cableados en el *protoboard*. De esta forma, sólo se debe hacer una buena distribución de los componentes y luego se procede a soldar todos los terminales.

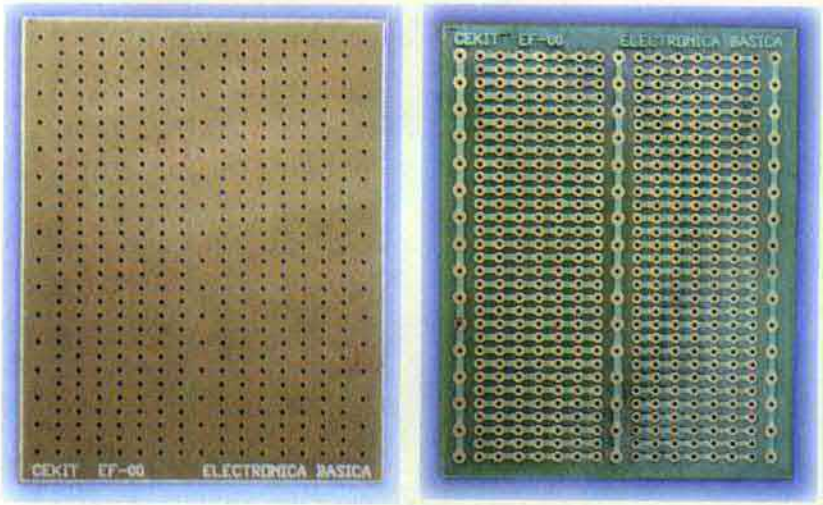


Figura 7.1 Estructura de un circuito impreso universal. *Estos elementos están distribuidos de forma similar a los protoboards, incluyen columnas con varias perforaciones separadas a una distancia de 0,1" (2,54 mm) y líneas o buses para conectar la alimentación.*

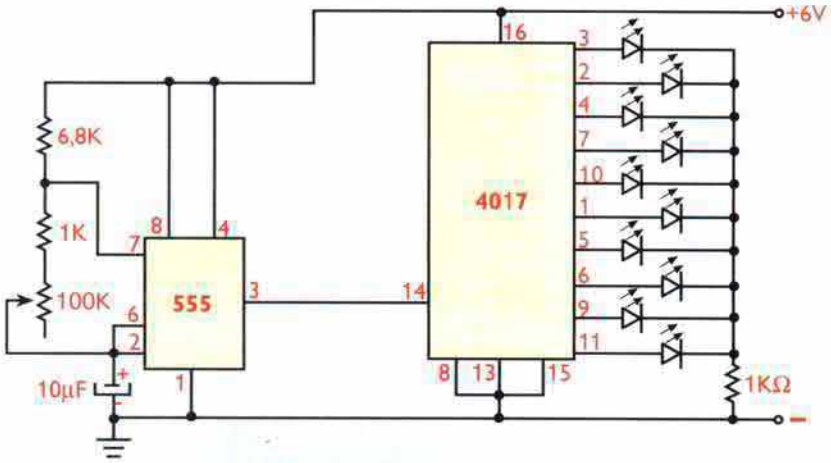


Figura 7.3. *Diagrama del secuenciador de luces*

Si el circuito electrónico que se monta, ocupa sólo una parte de la tarjeta, se puede recortar el resto con una sierra de dientes finos o con un bisturí, eso sí, no olvide dejar el espacio suficiente en las esquinas para hacer las perforaciones de los tornillos que fijan la tarjeta en la caja o *chasis* del proyecto.

Dado que estos circuitos impresos poseen una gran cantidad de puntos de cobre expuestos al aire, éstos tienden a oxidarse fácilmente dificultando el proceso de soldadura. Por esta razón, se recomienda limpiar muy bien los puntos donde se van a insertar los pines de los componentes antes de proceder al ensamblaje y posterior soldadura de los mismos.

Ejemplo práctico

Para aprender a utilizar este tipo de circuitos, vamos a explicar paso a paso el ensamblaje de un proyecto en el circuito impreso universal CEKIT EF-00. En esta ocasión seleccionamos para el ejemplo un sencillo circuito secuenciador de luces con diez diodos LED y dos circuitos integrados, un 555 como generador de pulsos y un 4017 como secuenciador y manejador (*driver*) de los LED, cuyo diagrama esquemático se muestra en la **figura 7.3**.

Primero analizamos detalladamente el diagrama esquemático con el fin de establecer una distribución adecuada de los componentes que nos facilite el ensamblaje. De acuerdo a este análisis, decidimos ubicar los dos circuitos integrados a la izquierda en el canal central y para ello instalamos las dos bases, primero la de 8 pines para el 555 y luego, la de 16 pines para el 4017, **figura 7.4**.

Para la orientación de los pines de los circuitos integrados definimos la línea (*bus*) superior como la alimentación negativa y la línea (*bus*) inferior como la alimentación positiva, en cuyos extremos instalamos dos terminales o espadines que nos faciliten la conexión de la fuente de alimentación, **figura 7.5**. De acuerdo a esto, e iniciando con el ensamblaje

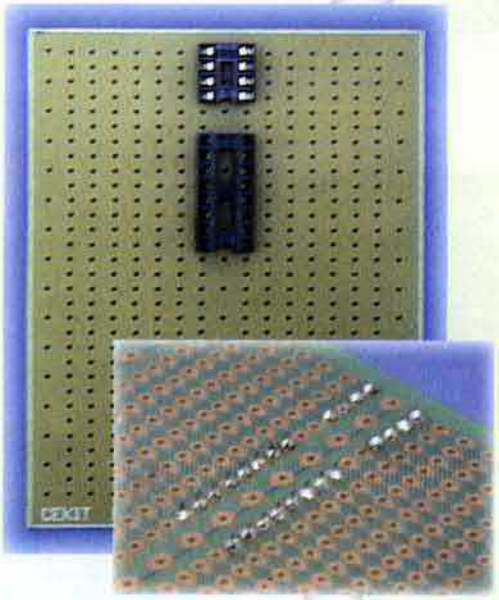


Figura 7.4. *Montaje de las bases para los circuitos integrados y su soldadura en la parte posterior*

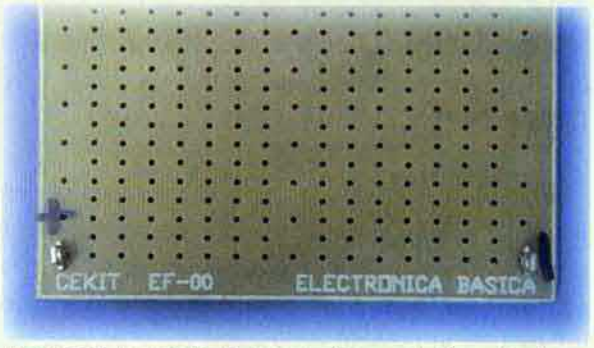


Figura 7.5. *Insatalción de dos espadines en las líneas (bus) laterales para la alimentación del circuito*

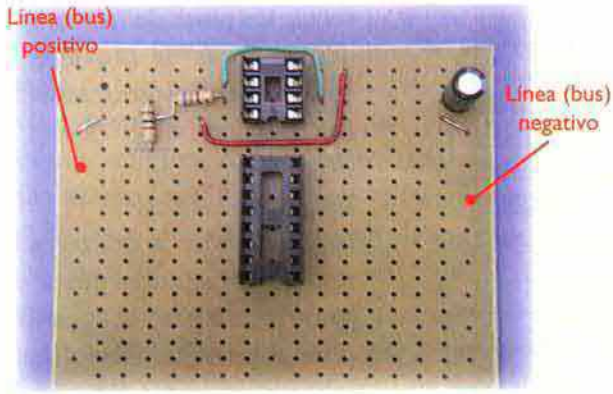


Figura 7.6. *Instalación y conexión de los primeros componentes del circuito generador de pulsos*

Figura 7.7. *En el potenciómetro se deben unir dos de sus terminales antes de montarlo*

del generador de pulsos, conectamos el pin 1 del 555 al *bus* negativo (-) y el pin 8 del 555 al *bus* positivo (+), por medio de puentes de alambre.

Luego continuamos con los demás elementos de este circuito siguiendo el diagrama, **figura 7.6**. El último componente de esta parte del circuito que se monta es el potenciómetro de 100 KΩ, haciendo un puente entre dos de sus terminales y buscando que quede situado al borde del circuito impreso para facilitar su manipulación, **figura 7.7**.

Luego unimos el pin 3 del 555 con el pin 14 del 4017 para interconectar los dos circuitos y la alimentación del 4017 uniendo sus pines 8, 13 y 15 al *bus* negativo y el pin 16 del mismo al *bus* positivo, **figura 7.8**.

Por último, debemos ir conectando en orden los diodos LED a las diferentes salidas del 4017 observando muy bien los pines utilizados. Según la distribución de este modelo de circuito impreso universal y el espacio disponible, decidimos instalar los LED en forma de escala. Iniciamos con el

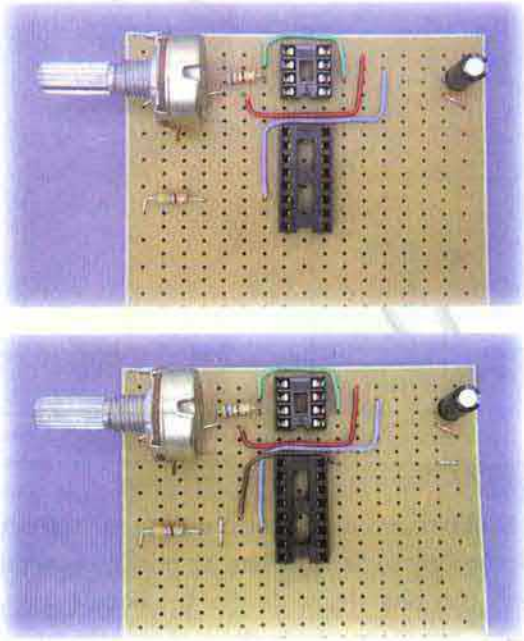


Figura 7.8. *Continuación de las conexiones del circuito siguiendo el diagrama*

LED 1 que va al pin 3 del 4017, con el ánodo conectado en la misma fila del pin y el cátodo doblado para insertarse 7 orificios más adelante para que en esa fila quede el terminal común de los primeros diodos. Luego vamos instalando los otros diodos LED logrando su conexión con los pines del 4017 y el terminal común que une los cátodos. Por último instalamos y soldamos la resistencia de 1 KΩ. **Figura 7.9**

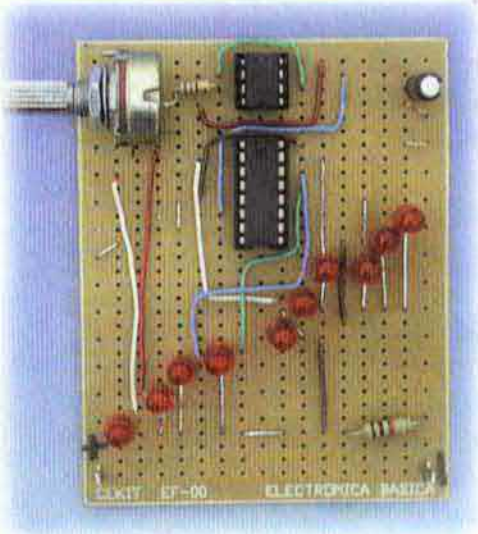


Figura 7.9. *Instalación y conexión de los diodos LED y la resistencia de 1 KΩ*

Lección 8

El bastidor o chasis para aparatos electrónicos

El diseño adecuado del chasis para un aparato electrónico es fundamental, tanto para la buena presentación del mismo, como para garantizar su correcto funcionamiento y durabilidad. En esta práctica veremos algunas recomendaciones que nos pueden servir para elaborar nuestros propios diseños.

Una vez que se ha terminado el ensamblaje del circuito impreso de un proyecto o prototipo, se debe fabricar un bastidor o chasis, con el fin de completar un determinado aparato electrónico. Muchas veces, los estudiantes y los que se inician en electrónica no consideran este aspecto importante y los proyectos se quedan sin terminar, averiándose en depósitos o pasando al olvido.

También, a menudo por falta de algunas herramientas o materiales simples, o por falta de iniciativa, conocimientos o habilidades, se dejan los circuitos armados en un *protoboard* o sólo en circuitos impresos con cables que salen por todas partes y se pierde todo el trabajo anterior. En un momento dado, un buen chasis o empaque puede significar, para un aparato electrónico, el paso de ser un simple prototipo o proyecto a un producto de fabricación y venta masiva. En esta práctica veremos unas sencillas recomendaciones que nos permitirán terminar el proceso de fabricación de los prototipos, de los que hemos estado hablando en las prácticas anteriores.

¿Qué es un chasis en electrónica?

Entre las principales funciones que cumple un chasis en un aparato electrónico están las siguientes:

- Soporta y reúne en un sólo empaque todos los elementos del proyecto.
- Le da un aspecto físico agradable para que el aparato pueda hacer parte del conjunto de elementos utilizados por el hombre, como los muebles, los aparatos eléctricos, los libros, etc.
- Permite la instalación de los controles, indicadores y visualizadores externos, con el fin de poder manipularlos y observarlos fácilmente.

Tipos de chasis

Existen muchas clases de chasis o cajas para los aparatos electrónicos y, aunque en un principio casi todos ellos tenían una forma rectangular, actualmente el diseño industrial y las técnicas de fabricación masiva han incorporado formas y materiales muy novedosos, acordes con la presencia múltiple y permanente de todo tipo de aparatos en la vida del hombre.

Es así como tenemos aparatos de televisión, sistemas de sonido, teléfonos fijos y móviles, receptores de radio, computadoras, calculadoras, equipos de oficina, instrumentos de medida y muchos otros sistemas electrónicos con un diseño realmente agradable a la vista y funcional desde el punto de vista ergonómico. **Figura 8.1.** Sin embargo, este tipo de chasis solo se pueden producir en grandes series o cantidades debido a la necesidad de troqueles (sistemas de corte y proceso en serie por medio de máquinas), o moldes de inyección para plásticos y otros materiales similares que son elementos comunes en las grandes fábricas de aparatos electrónicos y que no están al alcance del aficionado.

Para la elaboración de los chasis para los proyectos a nivel experimental, debemos entonces recurrir a formas sencillas y materiales accesibles que con un poco de imaginación y creatividad, les brinden un aspecto agradable y funcional. Los chasis se fabrican de diversos materiales siendo los principales las láminas metálicas de hierro o aluminio, el plástico, el acrílico, la madera, o la combinación de éstos. Para los prototipos se recomienda principalmente las láminas de aluminio o de hierro, también,

Figura 8.1. *Aparatos electrónicos modernos*

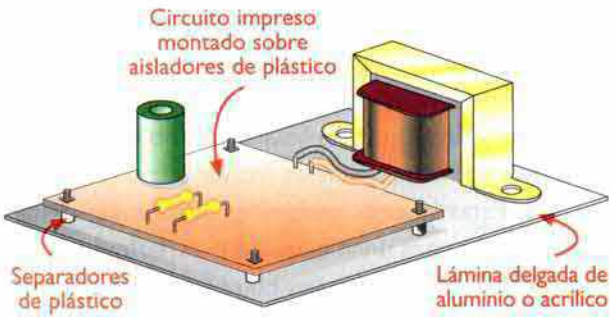


Figura 8.2. *Chasis rectangular sencillo*

las láminas de acrílico y madera. Las láminas de aluminio y el acrílico tienen la ventaja de permitir una fácil perforación y manipulación, lo que puede hacer cualquier aficionado con herramientas caseras.

Formas básicas de los chasis

El chasis electrónico más simple puede ser una lámina metálica o de acrílico en forma rectangular. Si el aparato es sencillo y se está trabajando en forma experimental, podemos acomodar los elementos en una superficie plana, tal como se muestra en la **figura 8.2**. Esto evita que los circuitos impresos y algunos componentes estén sueltos, se produzcan cortocircuitos, y un mal funcionamiento.

Para su diseño, basta con distribuir con una buena alineación y disposición los diferentes elementos y establecer las medidas de la lámina. Luego, se recorta y se perfora de acuerdo a los orificios de los circuitos impresos y de los otros elementos tales como los transformadores; y, finalmente, se aplica pintura si es de lámina y así quedará listo para montar en él los elementos del aparato. Otra forma muy simple, para un chasis de un prototipo, es el tipo en "L", en este modelo se sue-

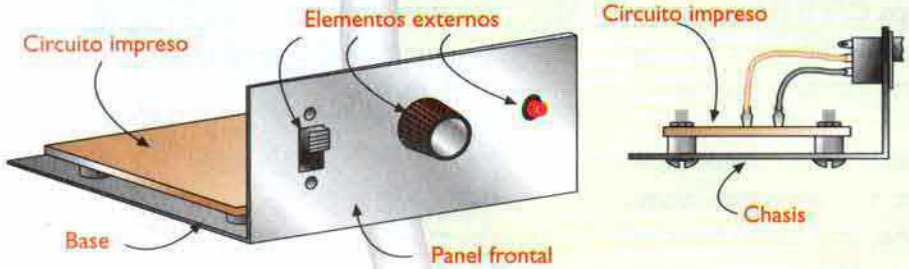


Figura 8.3. *Chasis en forma de "L"*

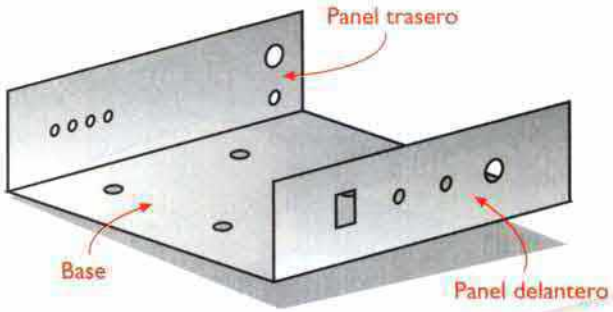


Figura 8.4. *Chasis en forma de "U"*

le instalar en la base el circuito impreso y otros componentes como el transformador, si el circuito lo lleva, y los controles y conectores de entrada y salida, en la parte frontal, **figura 8.3.**

Los procedimientos básicos de fabricación para este tipo son: diseño del modelo con las medidas y sitios de los orificios, recorte y perforación de la lámina, doblado en "L" y, por último, pintura y marcado de los letreros.

Otro tipo muy común es el chasis en forma de "U", en el cual ya se utilizan dos piezas: la base y la tapa. Esto le brinda un aspecto más profesional al aparato y así lo podemos dejar para su utilización permanente, o su fabricación en serie. En este modelo, la base tiene tres superficies: la base propiamente dicha, la parte delantera llamada panel frontal y la parte de atrás llamada panel trasero, **figura 8.4**.

En la base se montan o instalan: el circuito impreso, el transformador, si lo hay, o una pila o batería si la alimentación es interna; en el panel delantero se ubican generalmente los interruptores, los indicadores luminosos como diodos LED o *displays*, los conectores para entrada o salida de señal y los potenciómetros para el control de las funciones del aparato, entre otros. En el panel trasero van generalmente conectores de entrada o salida de señales,

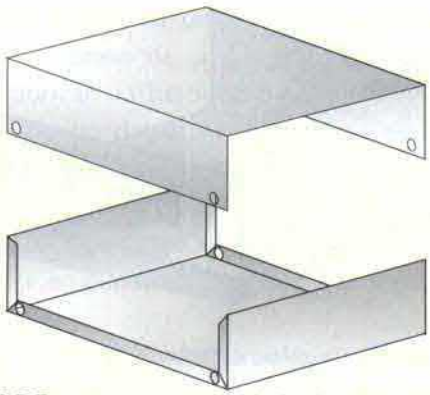


Figura 8.5. *Tapa que se asegura en los bordes laterlaes de la base*

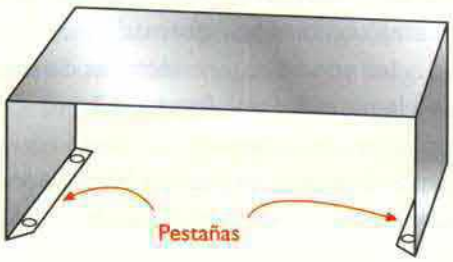


Figura 8.6. *Tapa con pestañas*

perforaciones para el cable de alimentación del aparato, y portafusibles. Como se puede deducir fácilmente, la ubicación de los terminales de salida o conectores instaldados en el circuito impreso deben estar en los bordes apropiados para una conexión fácil a los demás elementos del chasis.

La tapa se puede fabricar en madera, acrílico, o lámina y debe tener la forma de "U" invertida, teniendo en cuenta de diseñarle una forma fácil de unión con la base para facilitar el ensamblaje del aparato. Si es en lámina, hay dos formas para esta unión: dejando una "pestaña" o pequeño doblez en los lados de la base para asegurar la tapa con tornillos, **figura 8.5**, o doblando la tapa en la parte inferior de sus lados para colocar los tornillos por debajo, **figura 8.6**. El primer método dificulta un poco la fabricación de la base y el segundo la de la tapa. Con la primera forma se pueden utilizar tapas de madera o acrílico, ya que éstas se pueden asegurar en las pestañas laterales.

Otra forma de chasis en la cual se puede facilitar su fabricación, tanto para el aficionado, como para su producción industrial, es la de un chasis en cuatro piezas (base, tapa, panel frontal y panel trasero), cuya estructura básica y componentes se muestran en la **figura 8.7**. Las piezas delantera y trasera, y la base y la tapa son iguales entre sí. Esta misma forma puede mejorase en cuanto a robustez física y presentación haciendo dobleces en los cuatro lados de los paneles frontal y trasero, **figura 8.8.** Estas labores mecánicas pueden ser difíciles de hacer para un aficionado o experimentador y se deben encargar en los talleres especializados.

Podemos tener otras formas menos tradicionales para fabricar los chasis de los prototipos o experimentos utilizando elementos como tubos de polivinilo (PVC), perfiles de aluminio de los utilizados en construcción, acrílicos, fibra de vidrio, plásticos termoformados, etc.; todo depende de la imaginación, de la creatividad, y de la decisión de hacer algo por parte de la persona que tenga que resolver el problema. Lo más importante es no dejar los proyectos en forma de "esqueleto" sin una forma o cuerpo definidos; esto les da un mal aspecto y podría significar la diferencia entre un experimento que se queda sin terminar en una mesa de trabajo o un producto exitoso que proporcione un rendimiento económico importante para su diseñador o fabricante.

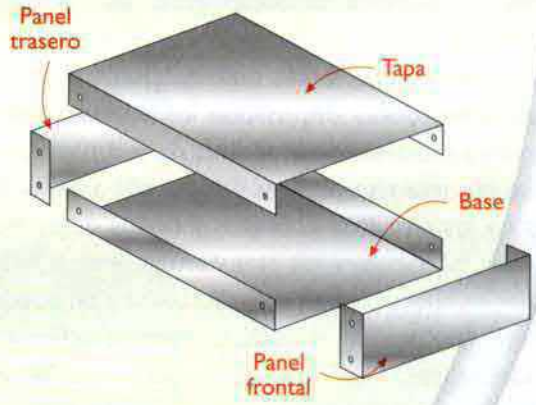


Figura 8.7. *Chasis de cuatro piezas*

Figura 8.8. *Panel frontal y trasero con pestañas en los cuatro lados*

Fabricación del chasis

Para la fabricación de los chasis hay tres opciones: comprar una caja metálica o de plástico de tipo genérico y adaptarla a nuestras necesidades, diseñar el chasis y ordenar su fabricación en un taller especializado, o fabricarlo nosotros mismos. También se pueden combinar la segunda y la tercera opción, encargando algunas partes del proceso a otras personas o empresas.

Para la primera alternativa, que es la más fácil, se puede optar por una caja con las medidas aproximadas a nuestros requerimientos y hacerle las perforaciones correspondientes a los elementos del proyecto. Si usted no es aficionado a este tipo de actividades, o no tiene la experiencia en fabricar objetos manualmente, ésta puede ser una buena oportunidad para iniciarse en dicha práctica o por lo menos entender como se hace. Hay que tener en cuenta que la fabricación de chasis requiere de ciertas herramientas especializadas y de algunas habilidades manuales, además de mucho cuidado, ya que algunas operaciones son peligrosas si no se realizan adecuadamente.

Si la cantidad de chasis que vamos a fabricar es poca, no se justifica tener un taller sólo para esta actividad. Sin embargo, esas herramientas pueden servir para muchas otras tareas caseras, lo que justificaría su adquisición si no es que ya las tiene en su hogar. Por otro lado, muchos de los aficionados o practicantes de la electrónica tienen acceso a talleres que trabajan con diferentes materiales en donde les pueden permitir hacer su chasis o se los pueden fabricar siguiendo su diseño e instrucciones. En el caso de las empresas, casi siempre hay en ellas una sección de metalmecánica en donde se pueden construir los chasis de los proyectos.

Pasos que se deben seguir para la fabricación

Los pasos que se deben seguir en el proceso de fabricación de un chasis son los siguientes:

1. Diseño preliminar en borrador
2. Diseño definitivo o plano en limpio
3. Elección y consecución de materiales
4. Operaciones mecánicas de corte, perforación y doblado
5. Barnizado o pintura del chasis
6. Marcado de los letreros indicativos

Consideraciones generales para el diseño de un chasis

Así como en el circuito electrónico y en el circuito impreso se parte de un diseño, en los chasis se debe seguir el mismo procedimiento. Inclusive, el diseño del circuito impreso se debe hacer teniendo en cuenta una idea básica de la conformación del chasis para que al llevar conexiones desde el circuito impreso hasta los diferentes elementos de los paneles, éstas queden organizadas en una forma lógica, corta y bien presentada.

Una vez determinada la forma básica, debemos hacer el diseño definitivo del chasis, que consiste en elaborar un plano completo del mismo ya sea para el uso personal o para fabricarlo en un taller cuando se trata de uno solo, o en una fábrica cuando se requieran varias unidades.

Entre las consideraciones y criterios más importantes que debemos tener en cuenta al diseñar un chasis, están las siguientes:

- El tamaño del chasis debe ser lo más preciso posible; ni muy grande ni muy pequeño, de tal forma que el ensamblaje del aparato o sea el montaje y la conexión de los diferentes elementos que lo componen, se pueda hacer fácilmente. Un chasis pequeño dificulta la manipulación y un chasis grande desperdicia material o puede dar un aspecto desagradable.

- El diseño del chasis, en cuanto a forma y tamaño, debe permitir una fácil reparación o mantenimiento del aparato cuando esto sea necesario. Todas las partes internas deben quedar accesibles para tomar medidas o permitir un fácil desarmado del equipo.

- Los controles, como interruptores y potenciómetros, deben permitir una fácil manipulación por parte del usuario.

- Los indicadores, como diodos LED, *displays* y los voltímetros o similares deben permitir una fácil y clara visualización.

- Los elementos sonoros como parlantes y zumbadores deben tener una salida libre para emitir su sonido.

- Los conectores, tanto de entrada como de salida, deben permitir una fácil conexión y desconexión de los elementos externos como bornes, bananas, enchufes, cables, etc.

- No deben quedar bordes o filos cortantes cuando el chasis se fabrica con láminas metálicas.

- Las conexiones o circuitos de alto voltaje deben quedar aislados para evitar choques eléctricos a los usuarios.

- El aspecto físico debe ser agradable a la vista en cuanto a forma, acabado, color y demás aspectos concernientes a la estética.

Para aplicar lo estudiado, tomemos por ejemplo un chasis sencillo como el que utilizamos para la fuente triple regulada del proyecto No. 10. Los elementos principales son: un circuito impreso, un transformador y los componentes externos (interruptor, bornes de salida y el indicador piloto de encendido).

1. Diseño preliminar en borrador

Como ya lo mencionamos, en este primer paso se determina una forma básica para el chasis. En este caso hemos escogido la base en forma de «U» (figura 8.4 y una tapa con pestañas (figura 8.6) que lo complemente. De acuerdo a la estructura del aparato, decidimos montar el transformador y el circuito impreso en la base y los elementos externos en los paneles frontal y trasero. Empezando con la base, se hace una distribución tentativa de los componentes del circuito (circuitos impresos, transformador, etc) y de los controles, indicadores y conectores, **figura 8.9**.

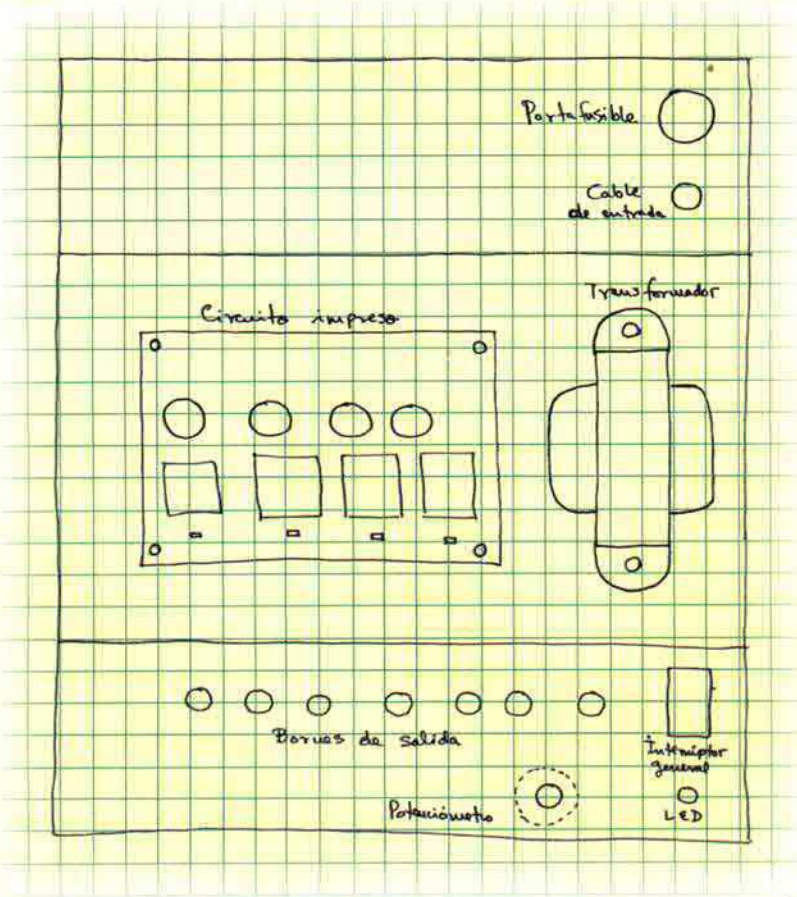


Figura 8.9. *Distribución preliminar de los elementos*

Luego, con las medidas de estos componentes y los espacios que los separan, definimos el rectángulo que contiene la base y los paneles frontal y trasero sin doblar, determinamos las medidas aproximadas del chasis (21,5 cm x 26,5 cm) y hacemos un dibujo a mano indicando en él las medidas. En este mismo dibujo trazamos las perforaciones y su ubicación exacta teniendo en cuenta primero las de la base

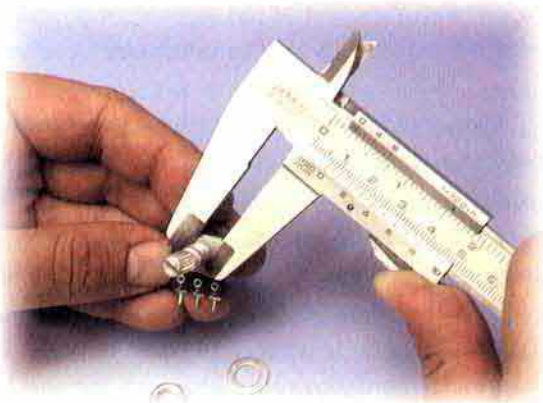


Figura 8.10. Tomando las medidas de los componentes

Figura 8.12. Uso de la computadora para dibujar el plano final

(transformador y circuito impreso) y luego los elementos externos midiendo los diferentes diámetros de los componentes utilizando un calibrador, **figura 8.10**, si es posible, o si no tenemos disponible esta herramienta de medida, lo hacemos con una regla.

Para ubicar los elementos externos debemos tener en cuenta una correcta alineación y distribución, y la facilidad de una conexión ordenada con los diferentes puntos del circuito impreso. En la **figura 8.11** se puede apreciar el resultado para este diseño preliminar.

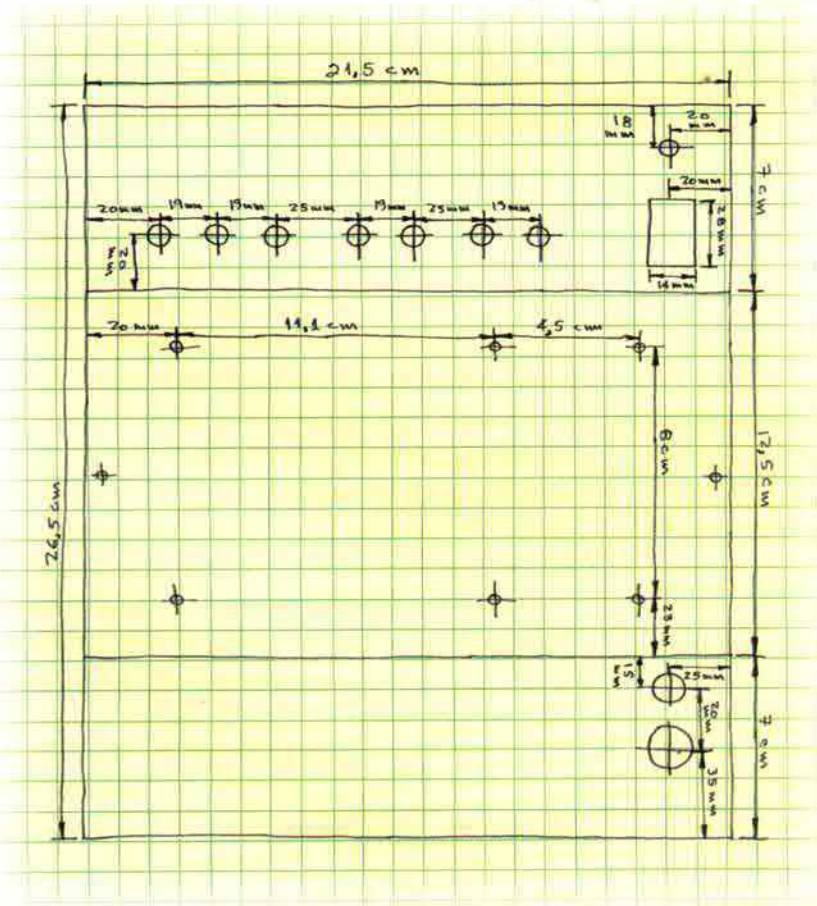


Figura 8.11. Dibujo en borador del chasis

2. Diseño definitivo o plano en limpio

Tomando las medidas exactas de cada componente, hacemos un plano definitivo del chasis, ya sea con instrumentos convencionales de dibujo (regla, escuadra, compás, plantilla de círculos, etc.) o por medio de algún programa de dibujo por computadora, **figura 8.12**. En la tecnología de las PC o compatibles se pueden utilizar los programas AutoCad o Corel Draw, entre otros, y en la tecnología Macintosh el programa FreeHand.

Si tenemos disponible una computadora, o fácil acceso a ella, es preferible utilizar el último método ya que nos permite hacer variaciones o cambios rápidamente sin tener que repetir todo el dibujo. También este método nos permite imprimir con gran calidad el di-

bujo final utilizando impresoras de chorro de tinta o láser, o aún mejor, un *plotter* o graficador. Volviendo con nuestro tema, vemos en la **figura 8.13** el plano definitivo del chasis con todas sus medidas indicadas. A partir de él, iniciamos la construcción del prototipo de nuestro ejemplo.

3. Elección y consecución de materiales

En la fabricación de los chasis para aparatos electrónicos, a nivel de prototipo, se utiliza preferiblemente lámina de aluminio, de hierro o de acrílico, o la combinación de ellas. En algunas ocasiones, se puede utilizar madera para complementar el diseño.

De los anteriores, el más recomendado por la facilidad con que se le pueden hacer las operaciones mecánicas como corte, limado, perforación y doblado, es la lámina de aluminio. Cuando el aparato requiere de un soporte más fuerte, se utiliza la lámina de hierro. El acrílico, por la dificultad para doblarlo y la facilidad con que se quiebra, se utiliza para proyectos sencillos montados sobre una pieza rectangular.

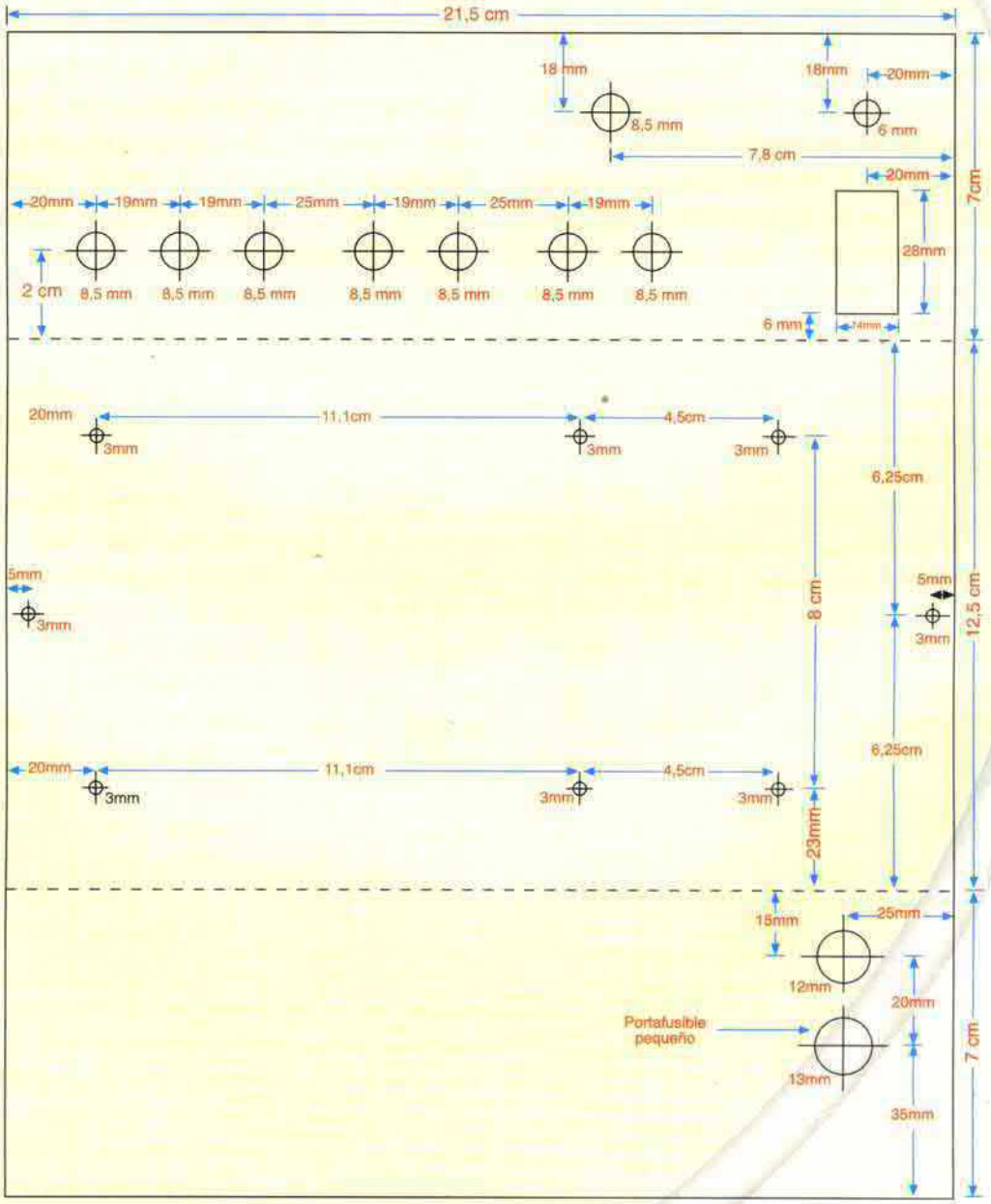


Figura 8.13. *Plano definitivo del chasis incluyendo todas sus unidades*

4. Operaciones mecánicas de corte, perforación y doblado

Una vez establecido en el diseño el tamaño definitivo del chasis, debemos cortar el pedazo de lámina correspondiente para luego perforarlo y doblarlo. Hay varias formas de cortar las láminas metálicas. La más indicada es una cizalla o máquina cortadora ya sea manual o de pedal, y, si ésta no se tiene disponible, una tijera especial. El corte con cizalla, **figura 8.14**, asegura que queden bordes rectos y alineados, mientras que el corte con tijera resulta un poco irregular. Como las cizallas no son elementos disponibles fácilmente, lo más indicado es llevar la lámina a un taller especializado e indicar las medidas para el corte apropiado. En el caso del ejemplo, el chasis es de 21,5 x 26,5 cm. Si utilizamos acrílico, el corte se puede hacer con una sierra de dientes finos, **figura 8.15**, haciendo previamente una marca de las líneas de corte con un rayador o bisturí.

Para la perforación del chasis se deben marcar, según el plano, los sitios para los orificios, los cuales pueden ser circulares, cuadrados, rectangulares

Figura 8.14. *Corte de lámina con cizalla*

Figura 8.15. *Corte manual de piezas de acrílico*

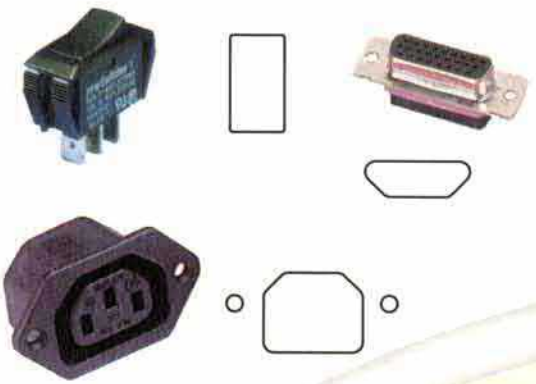


Figura 8.16. *Perforaciones de tipo especial para algunos tipos de componentes utilizados en los chasis*

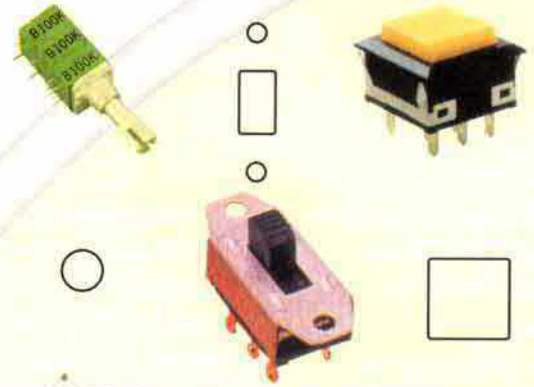


Figura 8.17. *Perforaciones circulares y rectangulares*

o con formas especiales, si algunos componentes así lo requieren. En la **figura 8.16** se muestran algunos componentes comunes en electrónica y su orificio para el montaje. Para los prototipos, lo más recomendado es utilizar solamente perforaciones circulares, ya que éstas son las más fáciles de hacer empleando un taladro. Por lo tanto, en el diseño del aparato o en la selección de los componentes, se deben escoger, en lo posible, aquellos que tengan esta forma.

Por ejemplo, en la f**igura 8.17** tenemos varios tipos de interruptores con diferentes formas de montaje, circular o rectangular; por facilidad de montaje, en este caso, debemos utilizar el de tipo circular. Así mismo, tenemos conectores que utilizan tornillos para ser fijados a la lámina, por lo tanto, debemos tener en cuenta dichas perforaciones al momento de diseñar el panel del chasis.

Para marcar el sitio de los orificios hay dos métodos: midiendo cada uno de ellos siguiendo el pla-

no y tomando como referencia los bordes de la lámina y los otros puntos, **figura 8.18**, o más fácilmente, colocando el dibujo encima de la lámina y marcando con un *centropunto* o punzón cada uno de los centros para las perforaciones. Para este último método se debe sacar una copia del diseño, ya sea en la computadora, si en ella se dibujó, o una fotocopia normal y colocarla sobre la lámina doblando sus bordes sobre ella, **figura 8.19**. Si utiliza una fotocopia, asegúrese bien, antes de colocarla que tenga las mismas medidas que el dibujo original ya que algunas veces en este proceso se amplía o reduce el tamaño ligeramente lo que podría afectar las medidas del chasis. Una vez que se ha marcado el punto para cada agujero, se procede a perforar según las medidas del diseño.

Precaución importante El proceso de perforación de láminas metálicas implica seguir ciertas normas o reglas de seguridad, ya que de no hacerlo, se corre el riesgo de sufrir heridas graves en las manos que las podrían dejar seriamente afectadas. El principal aspecto que se debe tener en cuenta es asegurar firmemente la lámina durante su perforación, ojalá con una prensa sobre la superficie de trabajo, **figura 8.20**, para que ésta no gire cuando penetra la broca. Esto puede ocurrir con perforaciones relativamente grandes, del orden de 1/4" y mayores. Si se va a sostener con la mano, se debe hacer firmemente y en lo posible, utilizando un guante de cuero o algún elemento similar. También se puede sostener la lámina con un alicate de mordazas ajustables u "*hombresolo*", como se muestra en la **figura 8.21**, para evitar que ésta se mueva.

Figura 8.18. *Midiendo la posición de las perforaciones. Esto facilita el uso del taladro*

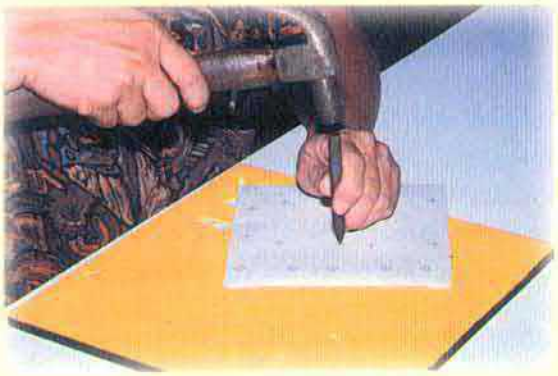


Figura 8.19. *Plantilla con fotocopia para marcar las perforaciones*

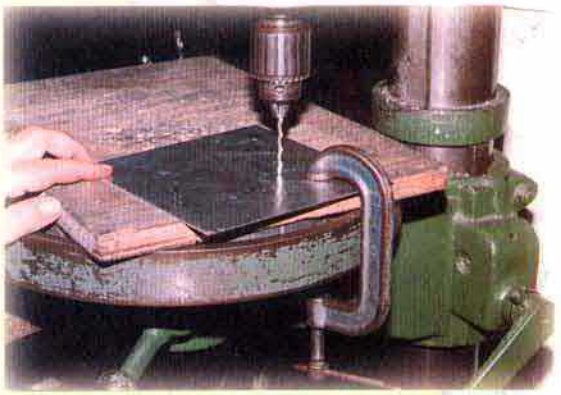


Figura 8.20. *Forma de asegurar la lámina con una prensa para evitar accidentes en el proceso de taladrado*

Figura 8.21. *También se puede asegurar la lámina con un «hombresolo» si no tenemos una prensa*

Efectúe primero todas las perforaciones del chasis utilizando la broca más pequeña que indique el diseño, luego vaya ampliando los demás orificios con las medidas de broca siguientes hasta que llegue al tamaño más grande. Estas perforaciones en forma gradual facilitan el trabajo y ayudan a redu-

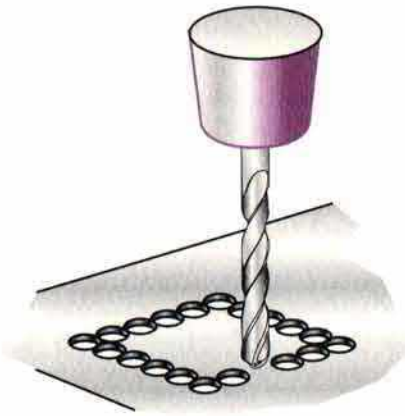


Figura 8.22. *Para hacer una perforación rectangular se hacen varios agujeros con una broca pequeña siguiendo la forma de ella*

cir el riesgo de accidentes, ya que el taladro requiere menos esfuerzo para hacer la perforación.

Por lo general, las brocas dejan en el lado posterior de la perforación una "rebaba" o pedazos de lámina que no quedan bien cortados. Esta rebaba se debe eliminar utilizando una broca más grande que la empleada en la perforación inicial. Esto puede hacerse con la mano, si se está trabajando con aluminio, o con una ligera pasada con el taladro, sin ampliar el orificio, cuando la lámina es de hierro.

Para perforaciones cuadradas o rectangulares, se utilizan troqueles cuando la producción es en serie. Para casos individuales, se deben hacer varias perforaciones circulares pequeñas siguiendo la forma del orificio hasta que se obtenga la forma aproximada retirando el pedazo de lámina, y, luego, con una lima se pulen los bordes hasta obtener la forma deseada. En la figura **8.22**, se puede apreciar este procedimiento.

Una vez terminadas las perforaciones debemos hacer el doblado de la lámina dependiendo del diseño inicial. La operación de doblado debe hacerse preferiblemente en una dobladora pequeña para lámina, figura **8.23**. Si no se tiene acceso a este tipo de herramienta, se puede llevar el chasis y hacerlo doblar en un taller especializado, o recurrir a algún truco utilizando los medios que tengamos disponibles.

Para chasis simples en forma de "L", se puede hacer con una prensa de banco teniendo cuidado de proteger la lámina con dos pedazos de madera delgada y doblando la lámina con otro pedazo de madera para que la línea quede uniforme, **figura 8.24**. Para doblar los chasis en forma de "U", se pueden utilizar pedazos de madera y prensas de carpintería, como se muestra en la **figura 8.25**. Estas operaciones se facilitan cuando la lámina es de aluminio y por ello es que recomendamos este material como el más adecuado para los prototipos.

Figura 8.23. *Operación de doblado del chasis en una dobladora pequeña*

Figura 8.24. *También se puede doblar la lámina con una prensa de banco y una pieza de madera*

Figura 8.25. *Otro procedimiento de doblado con una prensa de mano y piezas de madera*

5. Barnizado o pintura del chasis

Una vez que se ha perforado y doblado el chasis, se debe recubrir con alguna pintura para evitar su oxidación, si es de hierro, o para darle una mejor presentación ya sea de hierro o aluminio. Una forma fácil y práctica de hacerlo es utilizando pintura en aerosol, **figura 8.26**, y se recomiendan colores claros si vamos a emplear letreros indicativos, como se explicará más adelante, para marcar las diferentes partes del chasis, como los nombres de las señales, controles, etc.

6. Marcado de los letreros indicativos

Es muy importante para terminar el chasis del prototipo que se marquen los diferentes conectores y controles del mismo, así como poner el nombre del aparato y su referencia, si lo deseamos. Esto le dará un aspecto más profesional y facilitará su empleo por parte del usuario. Si usted observa los aparatos e instrumentos electrónicos que tiene a su alrededor notará que todos tienen su marca, nombre, modelo y un letrero para indicar la función de los conectores de entrada y salida, así como el nombre y valores para los controles.

Es posible hacer estas marcas de dos maneras. El primer método es con screen o serigrafía, utilizado también para fabricar circuitos. El segundo método es más fácil, rápido y económico, es el de las letras transferibles por contacto o presión, más conocidas como *"Letraset"*, y de las cuales se consiguen una gran variedad en el mercado. Con ellas se forman los diferentes letreros o rótulos tal como se muestra en la **figura 8.27**.

Una vez que se han adherido las letras sobre la superficie pintada de la lámina, se cubre nuevamente con barniz o esmalte transparente para evitar que ellas se desprendan. En la **figura 8.28**, tenemos el aspecto del chasis terminado.

En el caso de los chasis de aluminio, éstos se pueden dejar sin pintar, marcando los letreros sobre su superficie y barnizando al final para protegerlos. Así, una vez marcado y pintado quedará listo el aparato para su ensamblaje, el cual debe hacerse una vez que se hayan ensayado o probado las tarjetas o los diferentes circuitos.

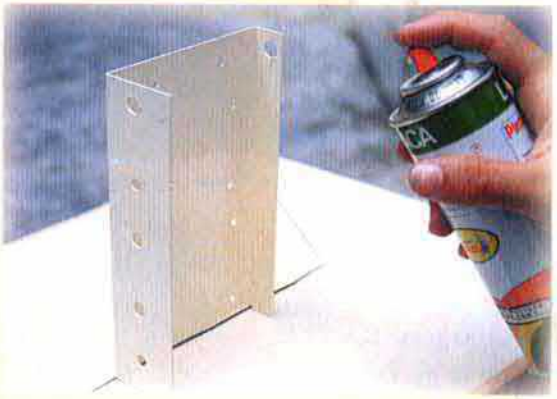


Figura 8.26. *La pintura en aerosol es una buena solución para el acabado de los chasis prototipo*

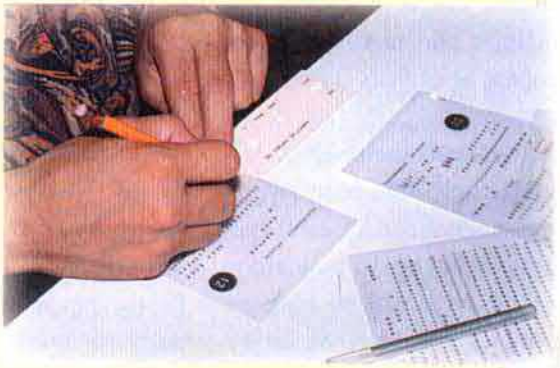


Figura 8.27. *Procedimiento para marcar los rótulos que identifican los controles, los indicadores y los conectores de entrada y salida*

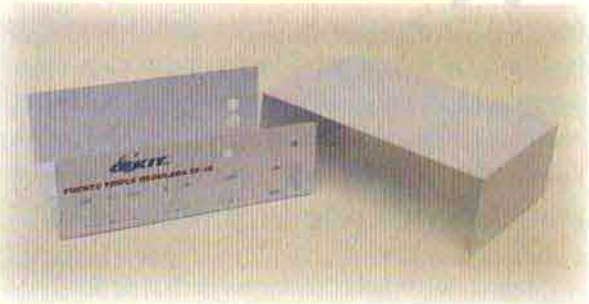
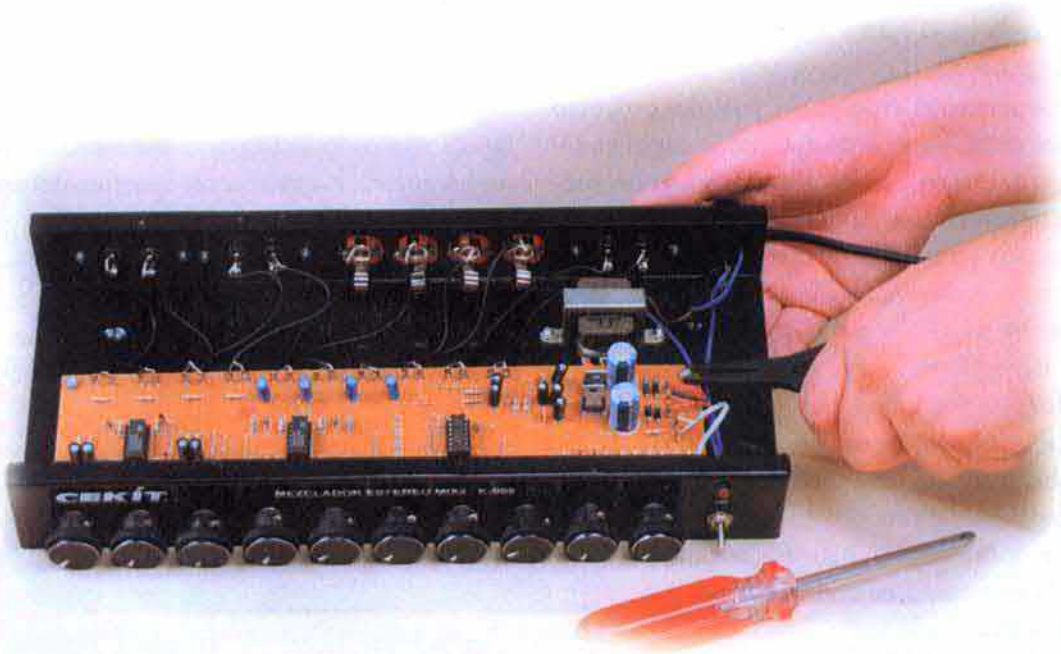


Figura 8.28. *Aspecto final del chasis terminado. En este caso se ha pintado al horno y los rótulos se han hecho con el método de la serigrafía*

Lección 9

Ensamblaje de aparatos electrónicos

Con esta práctica, terminamos la descripción de los pasos involucrados en la elaboración de proyectos electrónicos. Por ser el último, es quizás el paso más importante ya que de él dependen la buena presentación y la calidad del aparato construido.



Después de haber construido el circuito impreso y el chasis de un aparato electrónico, el siguiente paso es el ensamblaje y la interconexión de todos sus componentes y la realización de las pruebas necesarias para establecer su correcto funcionamiento. Este paso es fundamental, ya que si no se hace adecuadamente habremos perdido todo el trabajo anterior. A continuación, describiremos los pasos involucrados en esta última fase del desarrollo de proyectos.

Este ensamblaje consiste en instalar en el chasis y conectar a los circuitos impresos los cables de los accesorios externos, como conectores de entrada y salida, controles o potenciómetros, indicadores luminosos y sonoros, tales como diodos LED, parlantes y zumbadores piezoeléctricos, los cables de alimentación de CA, los portafusibles, etc. También se incluye el montaje de los transformadores, si el aparato los tiene. Otro aspecto muy importante es la interconexión correcta y estética entre las diferentes tarjetas de circuito impreso si el aparato tiene más de una. Efectuados cada uno de estos pasos, el aparato debe quedar terminado y funcionando correctamente.

Pruebas de las tarjetas y del circuito en general

Antes de iniciar el ensamblaje final del proyecto debemos estar seguros de que todos sus elementos están trabajando bien, especialmente los módulos completos montados sobre circuitos impresos y sus componentes, ya que si se presenta una falla después del ensamblaje debemos desarmar el aparato perdiendo tiempo y esfuerzo. Si hay un transformador u otros componentes como un parlante, por ejemplo, es muy recomendable probar cada uno para determinar si está trabajando bien. Estas pruebas deben hacerse de la forma más rigurosa posible y por un buen tiempo, en condiciones reales de operación.

Este procedimiento se debe cumplir, tanto para el ensamblaje de un prototipo o como muestra para la producción en serie de aparatos electrónicos.

Para hacer las pruebas, haga el montaje provisional de los elementos externos al circuito impreso y coloque todo el conjunto sobre la mesa de trabajo. **Figura 9.1**. Observe muy bien que no haya elementos metálicos en ella, tales como pedazos de cable, terminales, tornillos, etc., que puedan hacer cortocircuitos en el lado de las soldaduras del circuito impreso. Una buena costumbre que se debe adquirir, es limpiar la mesa antes de este procedimiento.

En lo posible, tenga a la mano los instrumentos y otros elementos necesarios para hacer las mediciones o pruebas correspondientes, o para inyectar alguna señal con la que trabaje el circuito. En cuanto a los instrumentos, los más comunes son los multímetros análogos o digitales, un osciloscopio, un generador de señales, y, en cuanto a los elementos auxiliares, debemos tener un parlante con su bafle o pantalla, si la prueba es de un amplificador de audio; o una resistencia de carga, si el proyecto es una fuente de poder, etc.

Si en algún momento se detecta un mal funcionamiento de todo o de una parte del circuito, debemos iniciar un procedimiento de análisis de la falla siguiendo el diagrama esquemático, teniendo en cuenta los diferentes bloques del aparato,

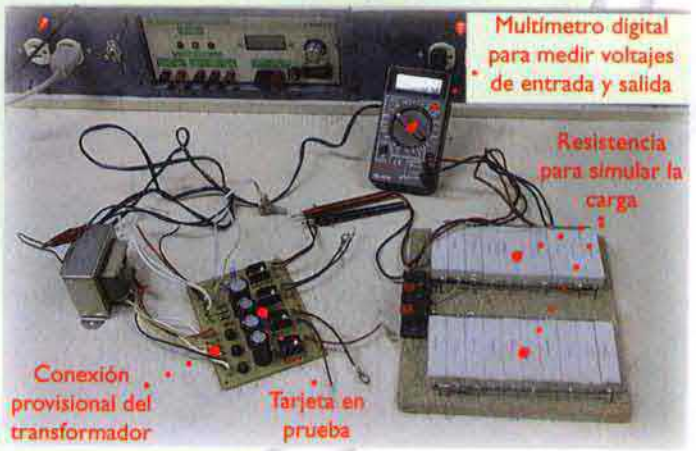


Figura 9.1. *Prueba preliminar antes de montar el aparato en el chasis*

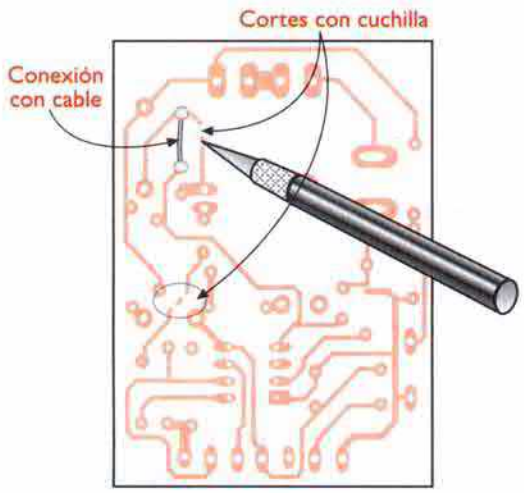


Figura 9.2. *Reparación del prototipo de un circuito impreso*

probando los más conocidos y descartando uno por uno hasta encontrar el problema, ya sea por un componente mal instalado, una mala soldadura, una conexión externa equivocada, un error en el circuito externo, etc. Si hay una señal que debe llevar un flujo determinado pasando de una etapa a la otra, se le debe hacer un seguimiento hasta encontrar en donde está bloqueada. Se supone que cuando tenemos el aparato montado en un circuito impreso, ya se han hecho pruebas en un *protoboard*.

En una próxima lección de este curso trataremos con amplitud el tema de la reparación de aparatos electrónicos en donde ampliaremos los aspectos enunciados anteriormente.

En el caso de que se presente un error en el diseño del circuito impreso y que se conectaron una o varias líneas de forma incorrecta, se puede reparar provisionalmente mientras hacemos un nuevo diseño. Para hacerlo, podemos cortar con una navaja o un bisturí las líneas de cobre defectuosas y hacer nuevas conexiones utilizando cables muy delgados. En la **figura 9.2** podemos observar una forma de hacer esta reparación. Cuando se presenta este problema, lo más indicado es rediseñar y fabricar inmediatamente el circuito impreso y volver a ensamblar el prototipo utilizando los materiales que se puedan retirar fácilmente de la tarjeta anterior.

Otros componentes para el montaje final

Una vez que se haya probado la tarjeta debemos tener listos los demás materiales para el ensamblaje final. Tal es el caso de los elementos externos que van montados en el chasis, como los conectores, interruptores, indicadores, el transformador, si lo hay, y los cables que los interconectan con el circuito impreso o con entradas y salidas de señales.

Los cables deben ser los apropiados en cuanto a su tipo, calibre y color. Una de las consideraciones más importantes es el calibre o espesor del cable dependiendo de la cantidad de corriente en amperios que circula por él, especialmente en circuitos o trayectorias que manejan cargas de potencia mayores a un amperio (1 A) . En la Tabla 9.1 tenemos los calibres AWG más adecuados para diferentes valores de corriente.

Los cables más utilizados en electrónica son los de cobre con aislamiento de PVC, disponibles en diferentes configuraciones. Para conexiones entre los elementos externos y las tarjetas, se utiliza el cable llamado "tipo vehículo" que tiene en su interior un conjunto de alambres delgados lo que le brinda buena flexibilidad, éste se fabrica en diferentes calibres y colores.

En electrónica, se utiliza desde el calibre N° 24, que es delgado, hasta el N° 12 ó 14 que es

Alambre de cobre	
Calibre AWG	Amperios
12	6,5
14	4,1
16	2,6
18	1,6
20	1,0
22	640mA
24	400mA

Tabla 9.1. *Capacidad de corriente de diferentes cables*

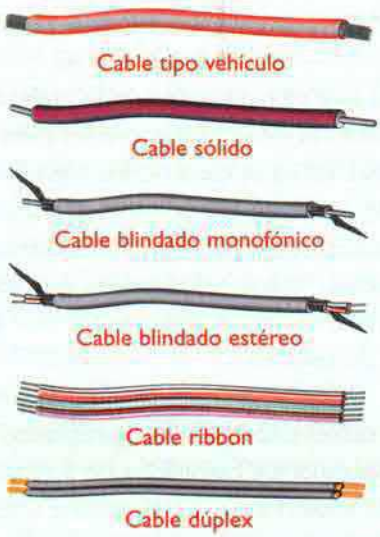


Figura 9.3. *Algunos tipos de cables utilizados en electrónica*

más grueso. Los diferentes colores permiten diferenciar los circuitos o tipos de señal que pasan por ellos, facilitando el ensamblaje y la reparación de los aparatos. Un tipo común de éste viene con dos alambres unidos entre sí y se llama cable dúplex o doble.

También se utiliza el cable cuyo interior contiene un solo alambre sólido, que permite, si es necesario, dar una forma fija a la trayectoria de la conexión. Una forma económica de obtener este tipo de cable, de calibre delgado, es desarmando cable telefónico de varios "pares", sobrante de instalaciones, y utilizando sus cables internos que vienen en una buena variedad de colores. También es muy popular el cable llamado "ribbon" o cable plano, con varios conductores unidos entre sí y que facilitan la unión de varias líneas simultáneamente a través de conectores o de conexiones en terminales de la tarjeta.

Por último, mencionaremos el cable blindado o apantallado utilizado para la fabricación de conexiones que involucran señales de audio de bajo nivel provenientes de micrófonos y otras fuentes, las cuales, deben ser aisladas de la influencia de otras señales más fuertes que pueden inducir interferencia en el aparato. En la **figura 9.3** tenemos el aspecto de los diferentes tipos de cables mencionados.

Montaje de los elementos externos

Antes de montar las tarjetas, debemos instalar los componentes o elementos que van en la parte frontal y trasera del chasis, como interruptores, conectores, indicadores, potenciómetros, etc. Hay que analizar bien el orden de este montaje con el fin de que algún elemento no dificulte el montaje de otro estableciendo así una colocación lógica y funcional. Además, debemos tener ciertas precauciones con el fin de no dañar el chasis o el elemento en sí. Por ejemplo, las tuercas de los potenciómetros y algunos interruptores deben ser apretadas con una llave apropiada o, en último caso, con un alicate, ya que si utilizamos una pinza de puntas planas, como muchas veces se hace, ésta no ajusta bien en la tuerca y se suelta bruscamente rayando el chasis.

Además, si este último se ha barnizado, para proteger los rótulos, debemos evitar que la tuerca dañe la superficie instalando una arandela entre ella y el chasis. En la **figura 9.4** se muestra en detalle este procedimiento.

La mayoría de los potenciómetros y otros componentes, como los interruptores rotatorios, tienen una pequeña pestaña que se utiliza para evitar que éstos se giren al operarlos con la respectiva perilla. Para un óptimo montaje, se debe perforar un agujero pequeño para alojar esta pestaña, como se puede ver en la figura 9.4

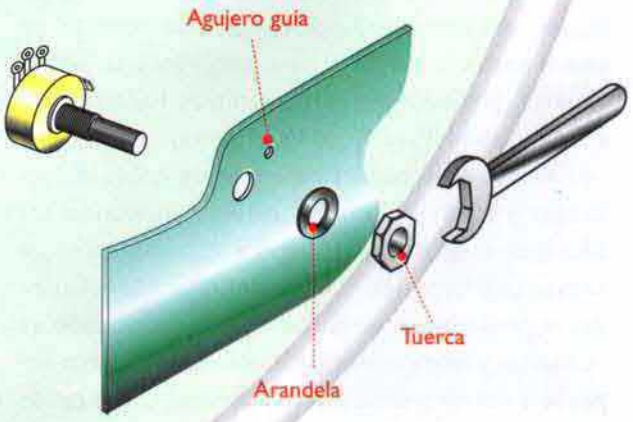


Figura 9.4. *Montaje de potenciómetros u otros elementos similares.*

Uno de los criterios más importantes para dar un buen aspecto a un prototipo es utilizar elementos externos con una buena presentación y que estén de acuerdo con el trabajo que van a realizar. Tal es el caso de las perillas, las cuales deben tener una forma y tamaño adecuados según su función. En la **figura 9.5** se muestran varios modelos de las que se utilizan en diferentes aparatos electrónicos. Igualmente ocurre con los indicadores tales como diodos LED, *displays*, instrumentos (voltímetros y similares), parlantes, interruptores, etc., los cuales se deben seleccionar teniendo en cuenta dos aspectos: sus características eléctricas, las cuales deben cumplir con los requerimientos del aparato (corriente, voltaje, configuración, etc.) y su aspecto físico (forma, tamaño, materiales, etc.) el cual debe ser acorde con el diseño del aparato en el cual se están instalando.

Figura 9.5. *Diferentes modelos de perillas*

Por ejemplo, si estamos fabricando una fuente de alimentación variable que incluye un voltímetro análogo en su panel frontal, los cuales vienen en diferentes formas y tamaños, éste debe tener el tamaño adecuado según las dimensiones de la fuente, ni muy grande, ni muy pequeño, **figura 9.6.** Otro aspecto fundamental es el tipo de tornillos que debemos emplear para asegurar los componentes externos que así lo requieran; preferiblemente debemos utilizar tornillos pequeños con cabeza tipo Philips o estriada, con las dimensiones apropiadas (diámetro y longitud), **figura 9.7.** En lo posible, se debe evitar que queden tornillos en el panel frontal o delantero ya que esto no le da buen aspecto al aparato en la mayoría de los casos.

Figura 9.6. *Tamaño adecuado para el voltímetro de una fuente variable de CC, de acuerdo al tamaño del panel delantero*

Montaje de las tarjetas en el chasis

Existen varios sistemas para hacerlo. Este procedimiento exige ciertos requisitos mínimos para que los diferentes circuitos del aparato queden bien asegurados. El método más fácil y utilizado es por medio de tornillos y separadores de plástico, tal como se muestra en la **figura 9.8**. Los separadores se pueden obtener cortando trozos pequeños, de unos 5 a 8 mm de longitud, de tubería o manguera delga-

Figura 9.7. *Tornillos tipo Philips o de cabeza estriada*

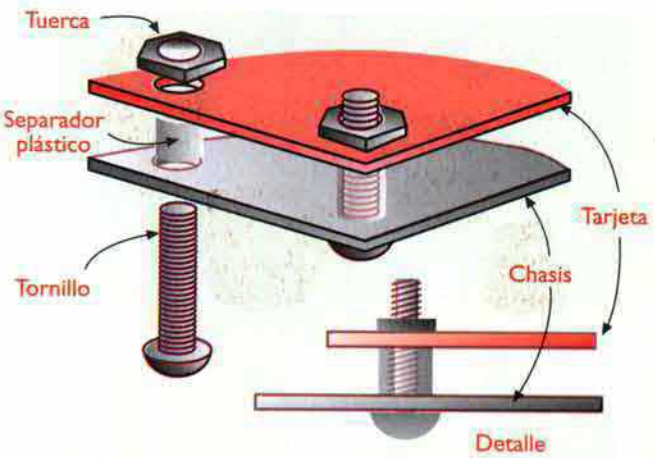


Figura 9.8. *Montaje de las tarjetas de circuito impreso en el chasis*

da de plástico, o de la cubierta de alambre eléctrico grueso. El diámetro interior debe ser tal que permita el paso de tornillos de 1/8" ó de 3 mm, que son los más utilizados para este propósito.

Lo ideal es utilizar separadores de plástico o baquelita rígidos para que los circuitos queden debidamente asegurados al poder apretar los tornillos con una buena presión, ya que los separadores flexibles se van deformando a medida que se hace el ajuste final. También se utilizan separadores metálicos hexagonales o cilíndricos, **figura 9.9**, para lo cual debemos tener cuidado de que no hagan contacto con alguna parte del circuito impreso.

Los tornillos se aseguran desde la parte externa del chasis hacia la parte interna y la tuerca se

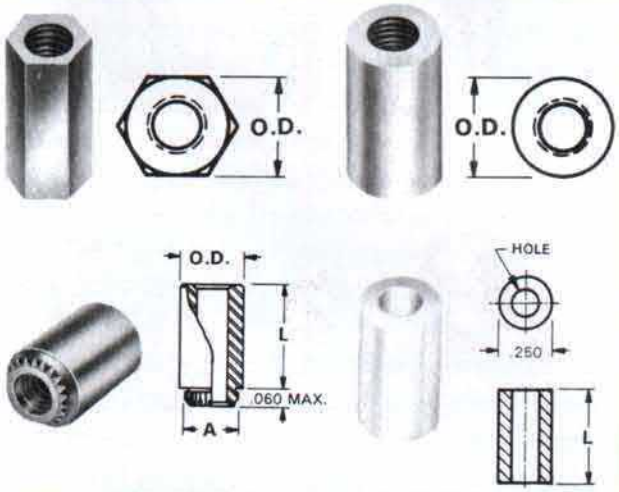


Figura 9.9. *Separadores metálicos cilíndricos*

coloca encima del circuito impreso. Cuando se diseña este último, debe tenerse la precaución de dejar el espacio apropiado alrededor del tornillo, ya que muchas veces esto no se tiene en cuenta y éstos, o las tuercas, entran en contacto con los trazos del circuito impreso ocasionando un mal funcionamiento, o también hay componentes cercanos que no permiten instalarlas.

Hay otro sistema un poco más sofisticado que utiliza postes o soportes de nylon fabricados especialmente para este propósito; éstos se encuentran comúnmente en las computadoras y vienen en varias presentaciones: con una base adhesiva, con dos soportes, con tuerca en un extremo, con rosca interna para tornillo, etc. En la **figura 9.10** se puede apreciar este tipo de elementos y su utilización en el montaje de las tarjetas. Una ventaja adicional de este sistema es que permite un rápido desmontaje de ellas lo que se logra presionando unas pequeñas pestañas que tienen en su parte superior.

Cableado del aparato

Una vez que estén montados todos los elementos en el chasis, debemos proceder a su interconexión. Durante este procedimiento debemos seguir atentamente el diagrama esquemático y el diagrama de conexiones, si lo tenemos. Como ya lo mencionamos, debemos utilizar los cables apropiados según la conexión. Por ejemplo, para el cable de alimentación o entrada se utiliza generalmente cable tipo "dúplex" o doble, de color negro, con calibre desde 22 hasta 18, en la mayoría de los casos. Si el aparato maneja buena potencia en la entrada, se debe utilizar cable 16 ó 14.

Si la fuente de poder está separada de los demás circuitos, se utiliza para su conexión cable flexible de color rojo para el terminal positivo, y negro para el terminal negativo, con el calibre adecuado de acuerdo a la máxima demanda de corriente que circula por ellos. Para conexiones múltiples, se recomienda el cable plano o *"ribbon"*, preferiblemente de varios colores con el fin de identificar fácilmente los diferentes puntos de la conexión y, en lo posible,

con conectores en sus extremos; esto permite un fácil desarme del aparato en caso de reparación.

Hay dos aspectos muy importantes en el proceso del cableado que se deben tener siempre en cuenta. El primero de ellos es la hechura de buenas soldaduras ya que ésta es una de las principales causas del mal funcionamiento inicial de los aparatos electrónicos. Como en la interconexión se sueldan cables un poco gruesos a terminales metálicos, **figura 9.11**, aquí se deben hacer muy buenas soldaduras, con una mayor temperatura, ya que este tipo de terminales presenta alguna dificultad en este proceso. La mejor forma de superarla es limpiar muy bien tanto el terminal como el cable, raspando con una cuchilla, si es posible, y aplicando el cautín un tiempo ligeramente mayor que el acostumbrado para las soldaduras normales en un circuito impreso.

Una soldadura deficiente en un conector o en un terminal de alguno de los elementos externos (indicadores, interruptores, instrumentos de medida, etc.) puede ser la principal causa para un funcionamiento intermitente o defectuoso del aparato, lo que es muy difícil de detectar y nos hace perder mucho tiempo al tratar de solucionar el problema.

El otro aspecto, igual de importante, es el que tiene que ver con la estética o distribución de los cables de interconexión dentro del aparato. Como lo mencionamos oportunamente cuando hablamos del diseño del circuito impreso, éste debe hacerse de acuerdo a la disposición de los elementos externos del aparato que van montados en el chasis, lo que establece un prediseño del mismo.

Si esto se hizo así, la distribución y recorrido interno de los cables no presentarán ningún problema y el ensamblaje se hará siguiendo una ruta natural, teniendo en cuenta el dejar un poco de holgura en la longitud de los cables para darles una buena forma sin que esto sea exagerado y queden sobrantes que dañen la estética del aparato. Las conexiones tampoco se deben dejar demasiado cortas ya que, si están tirantes, hay

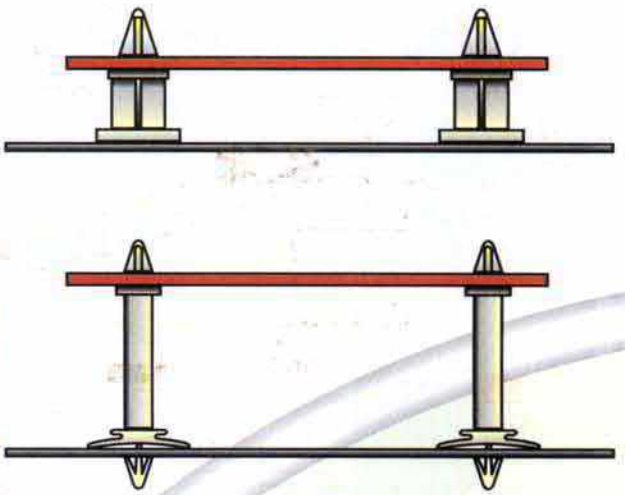
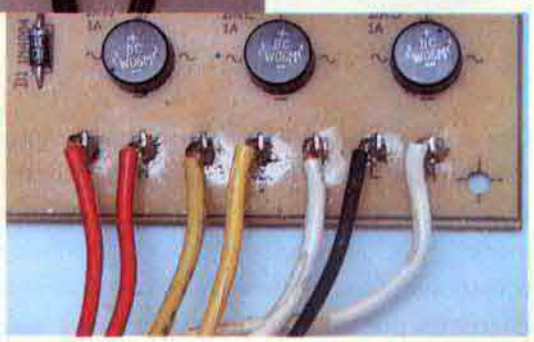


Figura 9.10. *Separadores de nylon sin tornillos*

Figura 9.11. *Soldadura de cables en terminales metálicos de conexión*



muchas posibilidades de que se desprendan de sus puntos de conexión. La longitud adecuada permite sujetar conjuntos de cables que siguen el mismo camino o que pertenecen a un mismo circuito, mejorando la presentación interna del aparato, la cual también se debe procurar. En la **figura 9.12** tenemos un ejemplo de una interconexión ordenada de los diferentes elementos de un aparato electrónico sencillo.

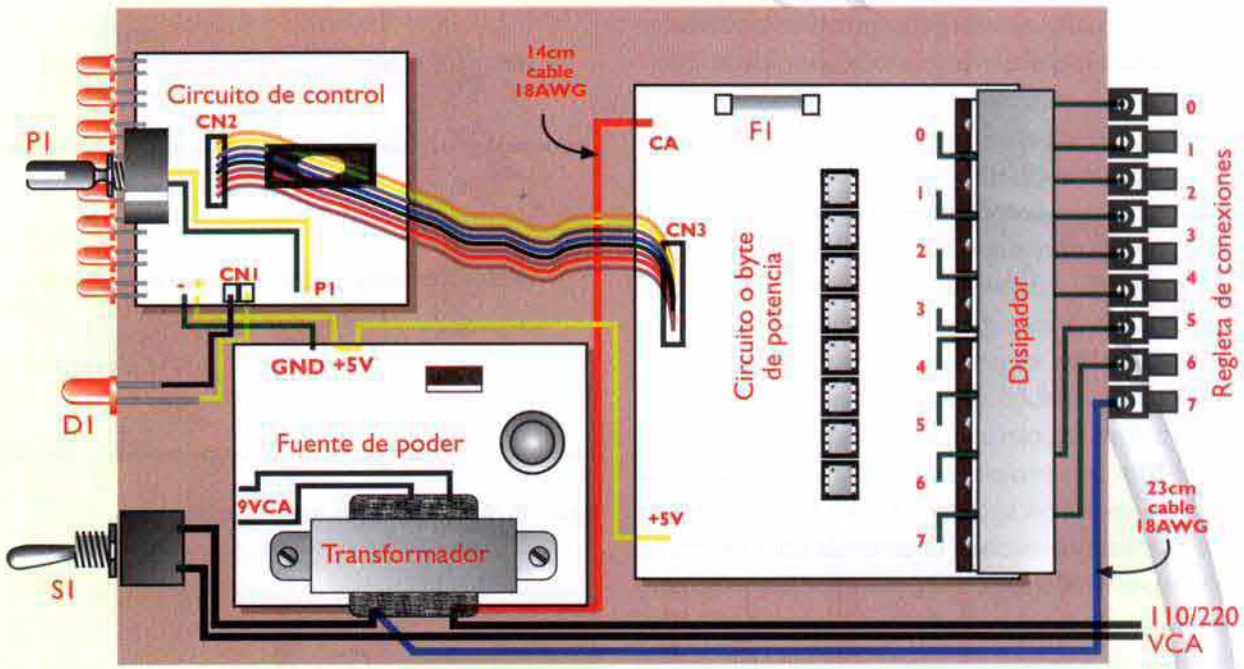


Figura 9.12. *Interconexión ordenada de los diferentes circuitos dentro de un aparato*

Estos aspectos parecen triviales, pero en la mayoría de los casos en los cuales hemos visto aparatos ensamblados por aficionados principiantes o por estudiantes, presentan un aspecto muy deficiente en este sentido, lo que se ve muy mal y dificulta las operaciones de prueba, reparación y mantenimiento de los aparatos, aunque estos funcionen correctamente.

Revisión final

Una vez terminada la interconexión, y antes de energizar el circuito, debemos revisar visualmente todo el aparato repasando con el diagrama esquemático cada una de las conexiones principales y tomando algunas medidas de continuidad entre los diferentes puntos. Esto nos puede evitar daños en los circuitos en caso de que se hayan hecho conexiones erróneas, las que se pueden corregir a tiempo. Cuando estemos seguros de que todo está bien, procedemos a la prueba final.

Una vez conectado el aparato, debemos repetir las pruebas de funcionamiento tal como se hizo en el *protoboard* y en las pruebas preliminares, hasta determinar que el prototipo está cumpliendo con todas las funciones para las cuales fue diseñado y construido.

Correcciones

Si hay fallas, y como de ello se trata, se debe hacer un nuevo prototipo corrigiéndolas hasta que tengamos un modelo funcionando correctamente. Esto es muy importante sobre todo si el propósito final es llevar el producto a una fabricación en serie.

Documentación

Una vez terminado el prototipo, se debe agrupar y guardar una documentación organizada que debe incluir el plano o diagrama esquemático, tanto en borrador como en limpio, inclusive, con anotaciones sobre las correcciones y cambios hechos durante el proceso; dibujos finales del circuito impreso, lista completa y detallada de los materiales, plano del chasis, fotografías, etc. Muchas veces este último procedimiento no se hace y perdemos una gran cantidad de tiempo cuando debemos repetir la fabricación del mismo aparato y no tenemos disponible la información para hacerlo, ésta se puede requerir unos meses o quizás años más tarde. Esto es mucho más importante cuando se planea hacer una producción en serie de un determinado proyecto.

Cómo organizar el área de trabajo

Todo aficionado o practicante de la electrónica sueña con tener en su propia casa un taller o laboratorio, en el cual pueda dar rienda suelta a todas sus inquietudes y deseos de aventura con la electrónica, o para hacer trabajos de reparación, o para iniciar su propia empresa de fabricación de aparatos electrónicos. A continuación daremos algunas recomendaciones para organizar un taller adecuado, según nuestro punto de vista y experiencia.

La comodidad que se obtiene al trabajar en un área apropiada, especialmente para las prácticas, permite lograr una mayor productividad, mejor aprovechamiento del tiempo, y sobre todo, se trabaja en forma más agradable y segura, **figura 9.13.** Además, con un sitio especial para el desarrollo de estas actividades se puede accionar sin causar molestias a las otras personas que conviven en el mismo sitio.

Esto se presenta cuando practicamos con la electrónica en la mesa del comedor o en los escritorios de nuestro hogar, lo que origina conflictos y a la vez es incómodo ya que en la mayoría de los casos un proyecto o una reparación no se terminan en una sola sesión, y, si se trabaja en un sitio como los mencionados, hay que retirar todos los componentes, herramientas, instrumentos, manuales, el mismo proyecto, etc. y volverlos a traer cuando se reinicie el trabajo, lo cual dificulta esta labor.

Qué se requiere

Si se revisa la lista de los elementos básicos que se requieren para trabajar en electrónica, llegamos a la conclusión de que no es un número muy grande. Veámos: una mesa o banco de trabajo donde realizar las labores, el instrumento para medidas en electrónica por excelencia que es el multímetro (análogo o digital), aunque, si el presupuesto lo permite, sería muy bueno contar con un osciloscopio y un generador de señales. También un cautín para soldar, al igual que las herramientas manuales, como una pinza, un cortafrío y un destornillador, entre otros, tal como lo vimos en las primeras lecciones de este curso.

En el momento de planear y adecuar el sitio de trabajo también es necesario pensar en donde se van a guardar los componentes electrónicos, como resistencias, transistores, condensadores, etc., al igual que toda una serie de accesorios que se van acumulando a través del tiempo y de la hechura de experimentos y proyectos, como tornillos, tuercas, conectores, etc.. Por último y como elemento indispensable, se requiere de una buena instalación eléctrica con fácil acceso para conectar el cautín, la fuente de alimentación, algún aparato que esté bajo prueba, un osciloscopio, etc.

Figura 9.13. *Sitio de trabajo organizado para electrónica*

Antes de instalar el taller se debe escoger el sitio más adecuado de la casa, ya sea en el garaje, en el estudio, en la sala, etc. Para esto se deben tener en cuenta algunos aspectos como la buena iluminación, que juega un factor importante en casi cualquier

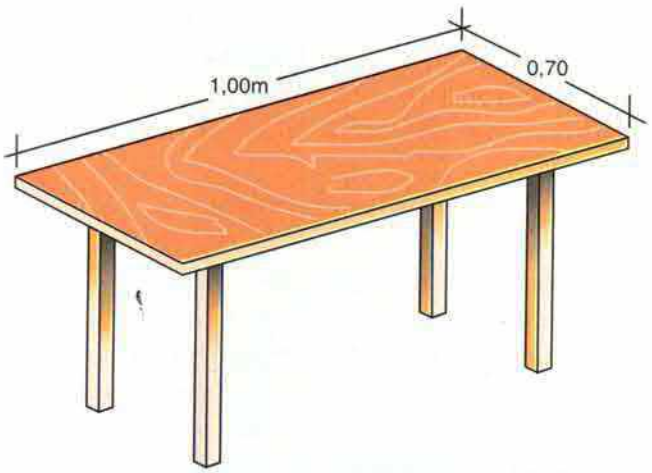


Figura 9.14. *Mesa de trabajo sencilla para electrónica*

actividad humana y la seguridad, ante todo cuando se tienen niños en la casa. Por último, la ventilación, aspecto fundamental cuando se trabaja con soldadura de estaño ya que se liberan algunas sustancias que podrían resultar tóxicas si se aspiran en grandes cantidades. Igual sucede cuando se manipulan los elementos químicos para fabricar circuitos impresos, como el percloruro férrico.

Otros aspectos, un poco menos determinantes, pero que se deben contemplar son: si se escoge un sitio dentro de la casa y este posee una alfombra, debemos colocar en el piso algún tapete o material que la proteja para que no se queme en caso de que se caiga el cautín al piso; ya que si el sitio destinado para trabajar es el garaje, por ejemplo, se debe tener especial cuidado de revisar que no exista humedad en paredes ni pisos, esto puede ser peligroso cuando se está trabajando con aparatos en los cuales se manejen altos niveles de voltaje (por ejemplo 110 ó 220VCA de la red pública).

El banco de trabajo

Para empezar, se debe buscar el banco de trabajo más adecuado. Si se dispone de una mesa o escritorio de madera es suficiente, pero si no, se debe construir uno que cumpla con unas condiciones mínimas en cuanto a dimensiones se refiere. Una mesa que tenga 1 metro de ancho por 70 cm de profundidad puede ser suficiente, aunque si el presupuesto y el espacio disponible lo permiten, se puede hacer más grande.

Debe tenerse especial cuidado con la altura de la misma ya que normalmente se trabaja sentado, y, por lo tanto, se debe garantizar que la posición

Figura 9.15. *Banco de trabajo CEKIT con funciones propias para electrónica*

de la persona sea lo más cómoda posible para evitar problemas en la columna vertebral. En la **figura 9.14** se muestra el plano de una mesa de trabajo muy sencilla.

Si se quiere tener un banco de trabajo con todas los servicios y prestaciones posibles, se debe agregar un cajón o gaveta para guardar las herramientas de mano como destornilladores, pinzas, pelacables, etc.

También se debe considerar la incorporación de una superficie plana elevada unos cuantos centímetros desde la parte superior de la mesa con el fin de colocar allí los instrumentos de medida y obtener así una lectura más cómoda y rápida. Este espacio dedicado a los instrumentos, puede construirse como si se tratara de un pequeño banco de trabajo con una altura de 20 a 30 cm y un ancho igual al de la mesa.

Adicionalmente, para acomodar en una forma ordenada los cables, caimanes y puntas de prueba de los diferentes instrumentos, se pueden utilizar ganchos o algún elemento similar que se pueda asegurar en uno de los lados del banco de trabajo o en la pared. Otra opción, no menos interesante, es buscar en el mercado un banco de trabajo que cumpla con los requisitos exigidos para las labores de electrónica. Entre ellos existen diferentes modelos que deben ser escogidos de acuerdo al espacio disponible y a los servicios especiales que se requieran. CEKIT S.A. tiene disponibles varios modelos de bancos de trabajo muy apropiados para este propósito, como el que se muestra en la **figura 9.15**.

La instalación eléctrica

La instalación eléctrica es parte muy importante del banco de trabajo. Para tenerla hay varias opciones: la primera es utilizar los llamados tomas múltiples o multitomas; éstos se consiguen en el mercado con diferente número de salidas y con diferentes formas físicas, **figura 9.16**. Generalmente cuentan con un interruptor general, y, en los modelos más especializados, se incluye protección

Figura 9.16. *Tomacorrientes múltiples o multitomas*

contra cortocircuitos por medio de un interruptor tipo *breaker*. La ventaja que presenta el uso de estos aparatos es que son muy simples de utilizar y no se requiere hacer complicadas instalaciones.

La segunda opción es hacer la instalación eléctrica completamente. Para ello se deben instalar los tomacorrientes en el banco de trabajo, de tal forma que sea fácil acceder a ellos para conectar los aparatos o instrumentos que vamos a utilizar; es apropiado instalar en serie con cada tomacorriente un interruptor que permita energizarlo o desconectarlo con el fin de tener control sobre los aparatos conectados, y, además, agregarle una lámpara piloto para poder saber si tiene o no energía, (Ver figura 9.15).

El cableado debe hacerse lo más oculto posible, primero por seguridad y segundo por estética. Además, no se debe olvidar que la instalación del polo a tierra es muy importante; si no se dispone de ella se debe hacer de la mejor forma posible.

Las gavetas u organizadores para componentes

Para no causar desorden en el área de trabajo y de paso asegurar que las cosas siempre van a estar en un sitio donde se puedan encontrar fácilmente, se debe destinar algún compartimiento especial para almacenar los componentes electrónicos que nos vayan quedando de

Figura 9.17. *Gabinetes o gaveteros para la clasificación de componentes. Cada cajón se debe marcar en la parte externa con el nombre de los componentes o grupos de componentes que se almacenan en ellos*

los diferentes proyectos, o los que a veces tenemos diponibles. Para ello se pueden utilizar los gabinetes o armarios especiales que se consiguen en las ferreterías y almacenes de artículos para el hogar. **Figura 9.17**. Cada casilla se debe marcar con una etiqueta indicando que materiales contiene, por ejemplo, resistencias, condensadores, diodos, transistores, terminales, conectores, tornillos, etc.

En caso de no disponer de ellas, se puede recurrir al uso de bolsas plásticas de las que poseen cierre hermético, las cuales se deben marcar apropiadamente. El plástico de estos artículos es de un buen calibre, ya que están hechas para trabajo pesado.

Otra alternativa económica para clasificar y almacenar los componentes, es utilizar frascos de vidrio del tamaño apropiado, de los que vienen con algunos alimentos, como conservas, dulces, etc. y que tengan una tapa roscada para poder taparlos. Éstos se deban marcar con etiquetas en forma clara y visible para que podamos identificar fácilmente los componentes que contienen.

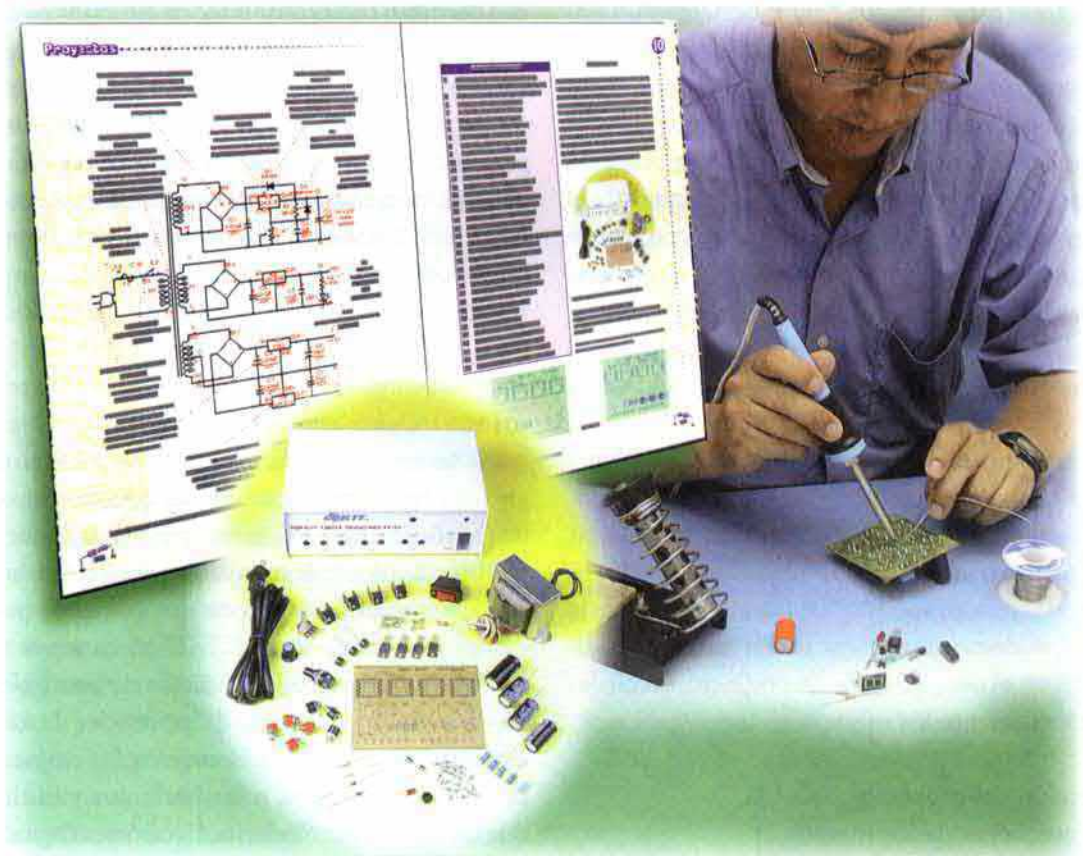
Si el lugar donde se instala el sitio de trabajo está ubicado en un área muy transitada o en un sitio donde no es muy bien visto todo el desorden propio de los talleres, se puede utilizar un biombo o una cortina para ocultar el banco de trabajo y los demás elementos que se están utilizando.

La forma en que se organicen todos los elementos en el cuarto o área de trabajo depende de cada caso en particular; la colocación de la mesa, las gavetas, los estantes y cualquier otro elemento debe hacerse de la forma más adecuada, buscando que las condiciones de iluminación, ventilación y comodidad sean las más favorables

Lección 10

Planeación y desarrollo de proyectos

Cuando se emprende el desarrollo de un proyecto electrónico se deben tener en cuenta varios factores; por ejemplo, cuál es su propósito o finalidad, el diseño apropiado, qué herramientas y componentes se requieren para su elaboración, la disponibilidad de los mismos, cuál va a ser su empaque o presentación final, etc. Todos estos aspectos se deben tener en cuenta antes de empezar, ya que de su buena planeación depende en gran parte el éxito o el fracaso del proyecto.



Aunque sobre este tema ya hemos visto varias lecciones, en esta ampliaremos algunos puntos importantes que se deben tener siempre en cuenta para la realización exitosa de proyectos electrónicos, los cuales, no solo pueden ser utilizados como material de estudio y entretenimiento sino para la fabricación en serie con fines comerciales.

Llevar a feliz término un proyecto que era sólo una idea o un bosquejo sobre el papel es una de las actividades más gratificantes para los practicantes de la electrónica. Pero, para lograrlo, es necesario que se cumplan ciertas condiciones las cuales se deben establecer previamente, como son la facilidad para conseguir los componentes, tener los instrumentos necesarios tanto para la construcción del proyecto como para su prueba y calibración; además, según su complejidad, se deben tener los conocimientos necesarios y el mayor volumen de documentación posible.

Consideraciones iniciales

Como hemos visto en las lecciones de práctica y en los diferentes proyectos que hemos presentado, la elaboración de un proyecto electrónico es una tarea relativamente simple. Lo único que se requiere es tener algunos conocimientos básicos en el área, como son la identificación de los componentes, tanto en su forma física como en su representación en un diagrama, y el conocimiento de las unidades de medida con que se trabaja; también se debe conocer bien la interpretación de planos o diagramas electrónicos y, por último, tener algunas habilidades manuales para realizar correctamente los procesos de ensamblaje y soldadura.

Otros aspectos que se deben tener en cuenta son los que se mencionaron en lecciones anteriores y tienen que ver con el sitio de trabajo y las herramientas e instrumentos necesarios para llevar a cabo la tarea propuesta. Teniendo en cuenta lo anterior, podemos identificar todos los pasos involucrados en el desarrollo de un proyecto, los cuales son prácticamente los mismos en todos los casos:

- Elección del proyecto
- Consecución de los materiales
- Elaboración del prototipo
- Prueba del circuito
- Diseño y elaboración del circuito impreso
- Ensamblaje del circuito
- Diseño y elaboración del chasis
- Ensamblaje final y prueba
- Corrección de errores, si los hubiere

Elección del proyecto

El proyecto que se elija debe satisfacer alguna necesidad específica, como comprobar alguna teoría estudiada en una clase o en un curso como éste, solucionar algún problema en el hogar o en la oficina, servir como instrumento de trabajo en el taller o laboratorio por solicitud de alguien que lo necesita, etc. Dado que existen infinidad de proyectos diferentes que pueden ser elaborados por los practicantes, lo más lógico sería empezar por los más sencillos, y, a medida que vamos adquiriendo conocimientos y destrezas, podemos ir aumentando el grado de dificultad de los mismos.

Los proyectos ideales para empezar son aquellos que permiten comprobar la teoría estudiada en los cursos, tales como las fuentes de poder, pequeños amplificadores, temporizadores, juegos de luces, etc. Después de éstos, una buena opción son los instrumentos útiles para el trabajo en electrónica, como los generadores de señal, los probadores de componentes, probadores de estados lógicos, etc. Así, con el paso del tiempo y al lograr una mayor experiencia, los proyectos van subiendo de nivel hasta llegar a los más avanzados.

Las fuentes o sitios para seleccionar los proyectos son muy variados; anteriormente se debía recurrir a las revistas extranjeras que se publican en inglés o a las pocas publicaciones que se conseguían en español. Hoy en día existe una buena cantidad de publicaciones especializadas que circulan en casi todos los países. Dentro de ese grupo de publicaciones se destacan las de CEKIT, las cuales se caracterizan por tener proyectos fáciles de construir guiados con la metodología de ***aprender haciendo***; éstas incluyen la revista *Electrónica & Computadores* de aparición mensual, y los fascículos y enciclopedias de Electrónica Moderna, Electrónica Digital, Elec-

Figura 10.1.

trónica Digital Moderna, Microcontroladores, Microprocesadores, etc., **figura 10.1**

Las revistas son, sin lugar a dudas, una de las mejores fuentes para encontrar proyectos electrónicos. La mejor forma de acceder a ellas es a través de suscripciones, lo cual garantiza que se reciban mensualmente en nuestro hogar u oficina. Si no tenemos acceso a ellas podemos visitar las bibliotecas públicas de las ciudades o de las universidades técnicas en donde pueden tener un buen número de ellas.

Ahora, gracias a la red mundial de computadoras o internet, tenemos disponibles miles de proyectos de todo tipo. Con una búsqueda organizada podemos encontrar muchas páginas *web* que nos entregan los diagramas, y, en algunas de ellas, los detalles de contrucción, **figura 10.2.** En una próxima lección nos ocuparemos en detalle de este tema el cual consideramos de vital importancia para los estudiantes de electrónica actualizados.

En resumen, seleccione proyectos fáciles de armar, que estén de acuerdo a sus conocimientos, que se puedan realizar sin mayores dificultades, y, lo más importante, no se desanime cuando alguno de ellos no funcione, esto es muy normal siendo además la mejor manera de aprender y poner a prueba nuestras capacidades. Cuando seleccione un proyecto esté seguro que tiene toda la información necesaria para construirlo, especialmente el diagrama esquemático completo con todos los datos sobre los componentes, tales como las referencias en el caso de los semiconductores (diodos, transistores, etc.) y los valores exactos de los otros componentes, como las resistencias, los condensadores, las bobinas, etc.

Consecución de los componentes

Una de las tareas fundamentales y que se debe desarrollar antes que cualquier otra cosa es la consecución de los materiales necesarios para armar el proyecto. Para esta labor se requiere que el experimentador adquiera una cierta habilidad, lo cual se logra a través del tiempo. Para encontrar los materiales que se requieren existen varias posibilidades.

Si seguimos un orden lógico, el primer sitio para buscar es en nuestro propio taller o laboratorio, ya que, normalmente, después de realizar algún proyecto nos sobran algunos elementos. Como lo mencionamos en la lección anterior, es muy conveniente ir organizando estos componentes por tipos, valores, etc. para que su localización sea rápida. No podemos tener un cajón lleno de resistencias, condensadores, diodos, transistores, circuitos integrados, etc. todos juntos, ya que el tiempo para la búsqueda sería muy largo y probablemente muy poco efectiva.

El siguiente sitio para buscar es a través de los proveedores locales. Lo más importante es encontrar aquellos que puedan surtir los componentes necesarios a un bajo costo, en forma rápida, y que, además, garanticen buena calidad. Una de las primeras actividades que debe desarrollar todo estudiante o aficionado a la elec-

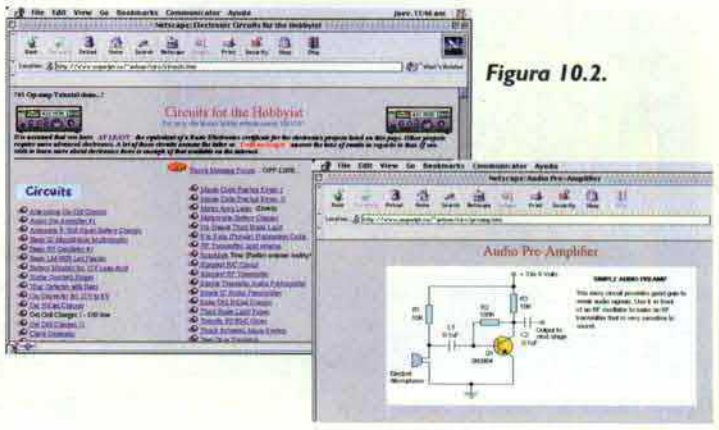


Figura 10.2.

trónica es familiarizarse con estos proveedores pues seguramente los visitará a menudo.

Si en las tiendas locales no se consiguen los componentes de un proyecto, se debe recurrir a los proveedores nacionales, los cuales generalmente prestan el servicio de venta por correo. En estos casos sólo se requiere averiguar por teléfono, por fax, o por correo electrónico, la disponibilidad y precios de los elementos buscados para luego hacer el pedido. La forma de hacerlo puede variar de uno a otro y lo más recomendable es contactarlos por teléfono para recibir las instrucciones correspondientes. Como en el caso anterior, debemos ir connociéndolos como parte de nuestra experiencia.

Si los componentes necesarios son muy especiales y no se consiguen a nivel nacional, podemos buscarlos a través de proveedores internacionales, localizados generalmente en E.U.A. La forma para conocer estos proveedores es la misma que se dió para los proveedores nacionales, aunque también se puede hacer una búsqueda a través de la internet.

Nota importante. Siempre debemos buscar y conseguir primero los componentes más críticos como son los circuitos integrados, transistores, bobinas, accesorios especiales, etc. puesto que, muchas veces, compramos primero los componentes más comunes como las resistencias, los condensadores, etc., invirtiendo algún dinero en ellos para luego descartar el proyecto por no conseguir los otros componentes, perdiendo el tiempo y la inversión en ellos. Estos criterios se deben ir adquiriendo con la experiencia y el conocimiento de cómo y cuáles productos se consiguen en una y otra parte lo cual solamente el tiempo, la práctica constante y el ser un buen observador lo pueden otorgar.

Figura 10.3. *Kits electrónicos para armar*

Reemplazo de componentes

Es muy común tener que reemplazar algunos componentes con respecto al diseño original, debido a la dificultad para conseguirlos. En la mayoría de los casos esto no representa mayores problemas pero para hacerlo hay que actuar con un buen criterio para no afectar el buen funcionamiento del proyecto. Para las resistencias y condensadores, por ejemplo, se pueden utilizar varios de ellos en serie o en paralelo para obtener el valor equivalente, utilizando las fórmulas que hemos estudiado. Para los semiconductores, existe una serie de elementos genéricos como los ECG y NTE sobre los cuales hablaremos en detalle en la próxima lección de este curso.

Kits electrónicos

Una de las formas más fáciles y rápidas para conseguir de una vez y en un solo sitio todos los componentes para ensamblar un proyecto, es adquiriéndolos en forma de kit. Un kit electrónico, **figura 10.3**, es un conjunto de componentes que incluye el circuito impreso, el manual y muchas veces el chasis, lo cual facilita enormemente la tarea de armar un aparato completamente. El ensamblaje de kits ha sido por muchos años una de las actividades favoritas de los aficionados y practicantes de la electrónica. CEKIT S.A., como un servicio y complemento para sus estudiantes y usuarios, tiene disponibles más de 200 kits de diferentes tipos los cuales se pueden encontrar en nuestra página web: www.cekit.com.co

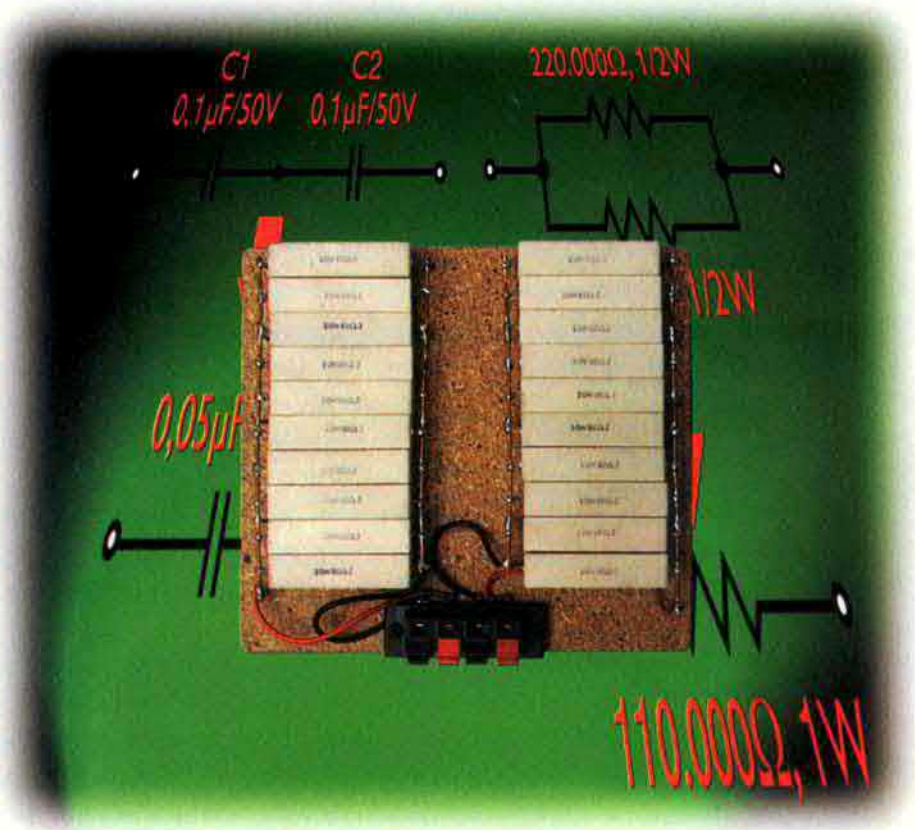
Documentación de los proyectos

Una buena recomendación final es que debemos guardar toda la información posible de cada proyecto que fabriquemos, como el diagrama esquemático en limpio, es decir bien dibujado y corregido si es necesario, la lista de materiales, notas sobre el ensamblaje, los componentes, las pruebas, fotografías, si es posible, etc. con el fin de que si en el futuro vamos a fabricar otra vez el mismo proyecto, ya sea como prototipo o como un producto en serie, lo podamos hacer fácilmente. Esta información la debemos guardar en carpetas debidamente marcadas con el fin de poder acceder a ellas rápidamente.

Lección 11

Reemplazo de componentes electrónicos

Muchas veces es necesario reemplazar, aunque sea temporalmente para hacer pruebas, los componentes originales que aparecen en el diseño de un proyecto electrónico, ya que no se tienen a la mano o no se consiguen en el mercado fácilmente. Lo mismo ocurre en el caso de las reparaciones de aparatos electrónicos, en las cuales, a menudo, es difícil hallar el repuesto o los repuestos necesarios para hacerlas. Como en la próxima lección vamos a estudiar el tema de las reparaciones, es conveniente conocer algunas recomendaciones y técnicas para hacer estos reemplazos.



El reemplazo de componentes en los proyectos o en las reparaciones es una técnica o habilidad que todo estudiante, aficionado o técnico en electrónica, debe aprender y practicar, ya que le puede ayudar a realizar mejor su trabajo. Aunque los diseños de los circuitos y aparatos incluyen ciertos valores y referencias de componentes con los cuales trabajan óptimamente, la mayoría de estos valores se pueden modificar dentro de ciertos límites, sin que esto afecte el funcionamiento de los mismos.

Además, es posible "conformar" componentes pasivos con nuevos valores, partiendo de la combinación de varios de ellos, como en el caso de las resistencias, los condensadores y las bobinas, tal como lo veremos más adelante en esta misma lección. En el caso de los componentes activos, como los semiconductores, éstos se pueden reemplazar en la mayoría de los casos por otros similares en sus características y el circuito o aparato trabajará en la misma forma. En algunos casos de reparaciones se ha detectado, inclusive, que un reemplazo de un determinado componente mejora su funcionamiento.

En los prototipos, los circuitos experimentales y los proyectos didácticos, se pueden modificar la mayoría de los valores sin que se modifique sustancialmente su operación. Esto es importante para los profesores y estudiantes con el fin de que puedan efectuar su labor cambiando algunos de los componentes por otros que tengan a la mano, producto de anteriores proyectos o paquetes de componentes para experimentos.

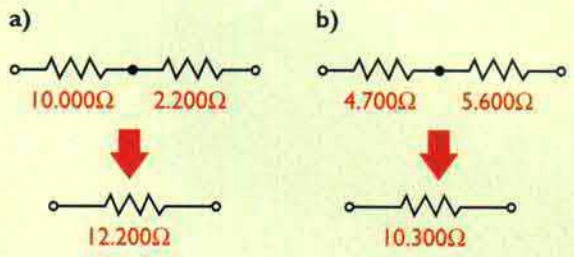


Figura 11.1. *Dos resistencias en serie*

Reemplazo de componentes pasivos

Como sabemos, los principales componentes pasivos son las resistencias, los condensadores y las bobinas (incluyendo los transformadores). Éstos se pueden reemplazar por otros con valores cercanos o por una combinación de varios de ellos en serie, en paralelo, o, por última necesidad, por una conexión mixta si el valor necesitado es muy crítico.

Reemplazo de resistencias

Éstos son quizás los componentes más fáciles de reemplazar debido a su sencillez y facilidad de conexión. Lo primero que debemos hacer, si no tenemos un valor determinado en ohmios para una resistencia o su tamaño en vatios, es utilizar una que tenga un valor aproximado no mayor al 20 % del valor original. Por ejemplo, si necesitamos una resistencia de 1.000 ohmios, 5%, podemos utilizar una entre 800 ohmios y 1.200 ohmios, y verificar el funcionamiento del circuito con ella. Si es una de 150.000 ohmios, podemos tratar con una entre 120.000 y 180.000 ohmios.

La otra forma es hacer una combinación en serie de dos resistencias. Como sabemos, para las resistencias en serie se suman sus valores. Así, por ejemplo, si necesitamos una resistencia de 12.000 ohmios, podemos conectar en serie una de 10.000 ohmios y una de 2.200 ohmios, formando una de 12.200 ohmios, **figura 11.1a**; o una de 4.700 ohmios en serie con una de 5.600 ohmios formando una nueva de 10.300 ohmios, **figura 11.1b**. En casos extremos y para salir de problemas se pueden conectar más de dos, lo que realmente no es muy estético, pero funciona. Recordemos que el valor de dos o más resistencias en serie siempre es mayor que el de cada una de ellas.

Para hallar valores menores, podemos acudir a la conexión en paralelo de dos o más resistencias. Si conectamos dos iguales, el valor equivalente o de reemplazo será siempre la mitad del valor de cada una. Por ejemplo, dos resistencias de 2.200 ohmios en paralelo son iguales a una de 1.100 ohmios, y así para cualquier valor. Si conectamos tres iguales, el valor equivalente será siempre la tercera parte del valor de cada una y así sucesivamente.

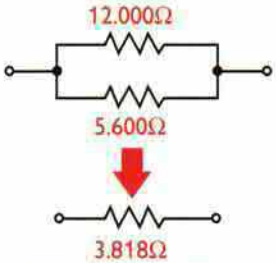


Figura 11.2. *Dos resistencias en paralelo*

Para dos resistencias diferentes en paralelo, el valor se calcula en forma simplificada por medio de la siguiente fórmula:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Teniendo en cuenta que en este caso, el valor resultante será siempre menor que el valor de la menor resistencia conectada. Por ejemplo, una resistencia de 12.000 ohmios y una de 5.600 ohmios en paralelo son equivalentes a una de 3.818 ohmios, **figura 11.2.**

Como sabemos, con tres o más resistencias se debe utilizar la fórmula que se muestra en la **figura 11.3**, para lo cual ya debemos utilizar la calculadora.

Para los vatios, recordemos que las resistencias pueden "disipar" una determinada cantidad de calor en vatios sin destruirse. Por eso hay en electrónica resistencias de 1/4W, de 1/2W, de 1W, etc. En las conexiones en serie de resistencias de diferente potencia, el vataje será el de la menor. Por ejemplo, una resistencia de 1.000 ohmios a 1/4 de vatio en serie con una de 1.000 ohmios a 1/2 vatio, darán como equivalente una de 2.000 ohmios a 1/4 de vatio, **figura 11.4a**.

En las conexiones en paralelo, los vatajes se suman y la resistencia se divide. Por ejemplo, dos resistencias en paralelo de 220.000 ohmios a 1/2W darán una de 110.000 ohmios a 1W, figura 11.4b. Un ejemplo práctico y muy útil de este último caso, es una combinación en paralelo de diez resistencias de potencia de 82 ohmios a 20W dando como resultado una de 8,20 ohmios a 200 vatios, cuyo montaje se utiliza como "carga fantasma" para la prueba de amplificadores de audio, **figura 11.5.** Podemos "jugar"

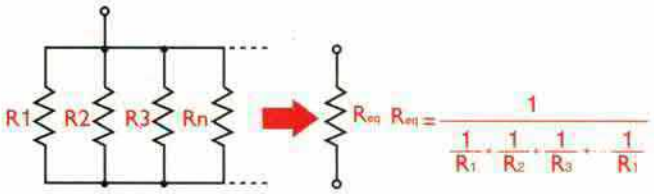


Figura 11.3. *Varias resistencias en paralelo*

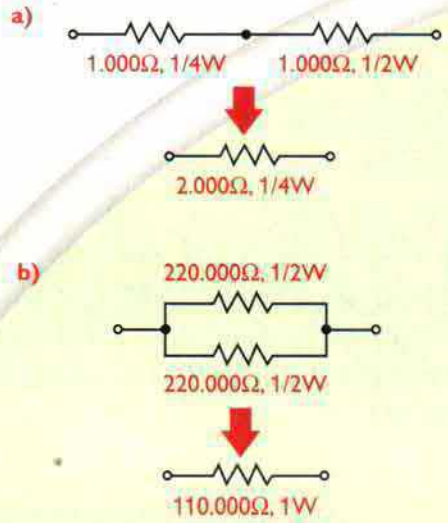


Figura 11.4.
a) *Dos resistencias en serie con diferente potencia*
b) *Dos resistencias en paralelo, para lograr mayor potencia*

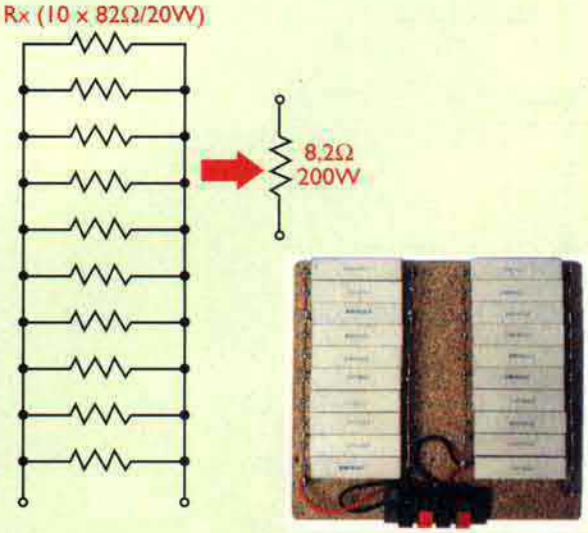


Figura 11.5. *Varias resistencias de potencia en paralelo para lograr una carga de baja resistencia y alta potencia (carga fantasma)*

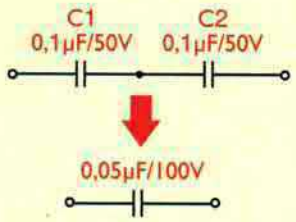


Figura 11.6. *Dos condensadores del mismo valor conectados en serie*

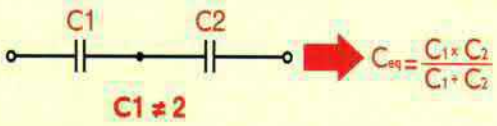


Figura 11.7. *Fórmula para dos condensadores conectados en serie*

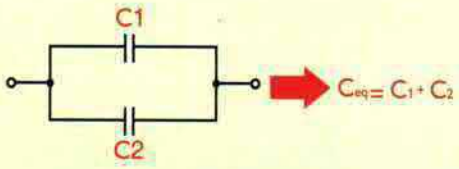


Figura 11.8. *Fórmula para dos condensadores de diferente valor conectados en paralelo*

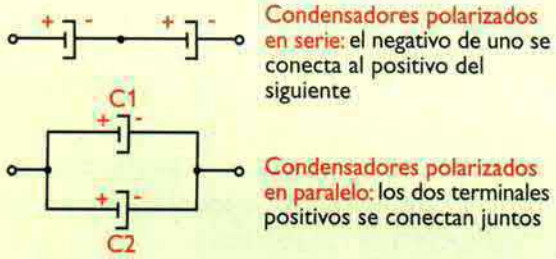


Figura 11.9. *Reglas para la conexión de condensadores polarizados en serie y en paralelo*

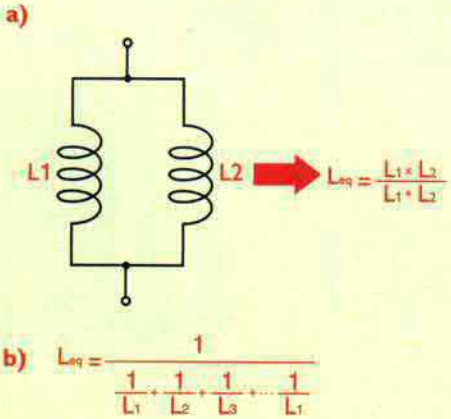


Figura 11.10. *Fórmulas para bobinas conectadas en paralelo*

entonces con diferentes conexiones y tamaños para formar casi cualquier resistencia que necesitemos. Para los potenciómetros, que son resistencias variables, ya sean externos o para circuito impreso, en la mayoría de los casos se pueden reemplazar por valores cercanos, ojalá no mayores o menores al 20%.

Reemplazo de condensadores

Los condensadores también se prestan para ser reemplazados en forma relativamente fácil. En estos componentes debemos tener en cuenta la capacidad en microfaradios (µF) u otra unidad de medida (pF, nF, etc.) y el voltaje máximo de trabajo. El caso más común es reemplazarlo por uno de la misma capacidad pero con un voltaje mayor, nunca menor. Así no habrá problemas con el circuito. Lo que hay que tener en cuenta en este caso es el espacio físico que haya para este condensador ya que, a mayor voltaje, mayor tamaño.

Para lograr valores menores con condensadores mayores, se deben conectar en serie. Si son dos iguales, por ejemplo de 0,1 µF/50V, el valor final será de 0,05 µF/100 V, **figura 11.6.** Note que el voltaje se aumenta al doble. Si son dos condensadores en serie de diferente valor, hay que utilizar la fórmula que se muestra en la **figura 11.7**. Si conectamos condensadores en paralelo, la capacidad aumentará sumando los valores de cada uno de los que forman la unión, figura 11.8. En este caso el voltaje de trabajo del nuevo condensador será el del menor de ellos. Si se conectan condensadores con diferentes unidades de medida (pF, nF ó µF), hay que convertirlas primero todas a la misma unidad para poder calcular el valor final, el cual será en esa unidad. Si los condensadores son polarizados (electrolíticos, de tantalio, etc.) hay que respetar la polaridad en las conexiones en serie y en paralelo, figura 11.9.

Reemplazo de bobinas

Para el reemplazo de bobinas, se hace de la misma forma que con las resistencias; recordemos que la inductancia de las bobinas en serie se suma y que, para las bobinas en paralelo, se utilizan las fórmulas que se muestran en la **figura 11.10a** cuando son dos, y en la **figura 11.10b** cuando son más de dos. Estos reemplazos no son muy utilizados debido al tamaño relativamente grande de las bobinas.

Reemplazo de componentes activos (semiconductores)

Este es el caso más utilizado de todos, y, como ya lo mencionamos, muchas veces es necesario hacerlo debido a la dificultad para conseguir cierta referencia de un diodo, un transistor, un circuito integrado u otro, que aparece en un diagrama de un proyecto o que está instalado en un aparato que estamos reparando y el cual se ha detectado como defectuoso o, a veces, "sospechoso" de causar el mal funcionamiento.

Como lo vimos en la sección de Componentes de este curso, los diodos, los transistores, los circuitos integrados y los semiconductores en general, tienen ciertas características eléctricas (generalmente corriente y voltaje) que los distinguen entre sí dando lugar a varios tipos o grupos dentro de las diferentes categorías. Lo primero que podemos hacer es reemplazar un cierto diodo o transistor por uno del mismo tipo y con características similares.

Es así como los diodos que trabajan como rectificadores se pueden reemplazar por uno de mayor corriente y mayor voltaje. Por ejemplo, los diodos 1N4001, 1N4002, 1N4004, etc. tienen la misma corriente (1,5 A) pero diferente voltaje de trabajo. En este caso podemos reemplazar un 1N4001 por un 1N4004. Se podría también reemplazar por uno de mayor corriente y el mismo voltaje o mayor, siempre y cuando el espacio lo permita. Tampoco nos debemos ir a extremos, por ejemplo, reemplazar un diodo de 1,5 A por uno de 10 A, ya que sería muy exagerado su tamaño para el circuito original. Los diodos rectificadores se pueden conectar en paralelo para obtener corrientes mayores; en este caso es recomendable que sean similares para determinar fácilmente la corriente que soporta el nuevo conjunto, **figura 11.11**.

Con otros tipos de diodos, como los de conmutación (*switching diodes*) debemos tener en cuenta sus características, como la corriente, el voltaje y su tiempo de conmutación, para reemplazarlos con alguno similar o de mejores características. Por ejemplo, el diodo 1N4148 se puede reemplazar por un 1N914 o por un 1N4448. Los diodos Zener se pueden conectar en serie para lograr un voltaje diferente, **figura 11.12**, pero siempre conservando la potencia original conectando diodos con el mismo valor o mayor, para esta unidad de medida en vatios.

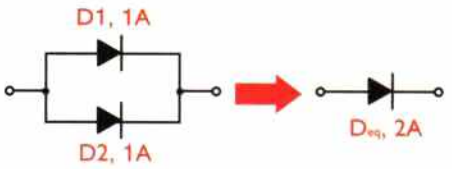


Figura 11.11. *Dos diodos rectificadores conectados en paralelo para lograr mayor corriente*

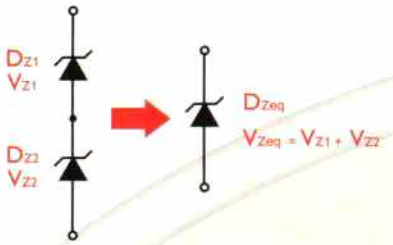


Figura 11.12. *Dos diodos Zener conectados en serie para lograr mayor voltaje*

Reemplazo de transistores

Debido a la gran cantidad de referencias de transistores que existen, éstos se pueden reemplazar entre sí sin mayores dificultades. Además, la mayoría de los circuitos con estos dispositivos se diseñan de tal forma que sean independientes en gran parte de sus características, es decir, pueden trabajar bien con una u otra referencia similar. Por otro lado, existen los llamados transistores genéricos o de reemplazo, que estudiaremos más adelante, los cuales facilitan este procedimiento.

Para reemplazar un transistor por otro, ya sea bipolar o FET, debemos analizar sus principales características como son, por ejemplo, en los bipolares: tipo (NPN o PNP), voltaje máximo, corriente máxima, frecuencia de trabajo y ganancia de corriente (ß). También se debe tener en cuenta si el transistor va montado en un circuito impreso, como en la mayoría de los casos, que los

Características	BC547	2N3904	2N2222
Voltaje máximo	50V	60V	60~75V
Corriente máxima	0,1A	0,1A	0,8 A
Potencia	0,5W	0,625W	0,5W
Frecuencia	300MHz	>250MHz	>250MHz
Factor de amplificación	100	>100	>100

Figura 11.13. *Características similares de varios transistores*

terminales (base, emisor y colector), tengan la misma disposición del original.

El tipo debe ser lógicamente el mismo; las demás características eléctricas deben ser iguales o un poco mayores sin que se afecte la estética del circuito ya que, si utilizamos, por ejemplo, un transistor con una corriente y un voltaje mucho más altos, su tamaño seguramente va a ser mayor y los terminales van a ser difíciles de acomodar. La ganancia de corriente debe ser igual o mayor, ella es independiente del tamaño del transistor. Cuando estamos trabajando en un circuito experimental o didáctico, el reemplazo de uno o varios transistores se puede hacer por algunos similares sin afectar el funcionamiento.

Por ejemplo, si se requiere reemplazar el transistor de propósito general con referencia BC547, lo podemos hacer por las referencias 2N3904 ó 2N2222, lo cual se puede observar mejor en la **figura 11.13**

Semiconductores genéricos o de reemplazo

La industria de los semiconductores se ideó un sistema de componentes genéricos o de reemplazo los cuales han sido ampliamente utilizados especialmente para la reparación de todo tipo de aparatos. Este sistema lo inició la RCA con su línea llamada SK en la cual todas las referencias empezaban con las letras SK. Luego se popularizó la línea ECG de Philips Semiconductor, y, por último, se ha consolidado en el mercado la línea NTE de la empresa NTE, Inc., la cual adquirió recientemente la marca ECG quedando como la única en el mercado actualmente.

Lo que se hizo con este sistema fue diseñar una serie de semiconductores, como diodos, transistores y circuitos integrados con unas determinadas características eléctricas, de tal manera que cada uno pudiera reemplazar un grupo grande de elementos simplificando así la gran cantidad de referencias que existen. Según sus fabricantes, éstos se pueden utilizar con gran confianza ya que sus características superan las de aquellos que pueden reemplazar.

En transistores, por ejemplo, existen las referencias desde la ECG10 hasta la ECG3320, cuyas características se encuentran en un manual o libro (similar a un directorio telefónico), llamado Manual de reemplazos ECG o *ECG Master Replacement Guide*, **figura 11.14**. Todavía se consiguen en el mercado los manuales ECG pero probablemente solo quedarán los manuales NTE que son similares, **figura 11.15,** debido a la adquisición de la empresa anterior (ECG) por la NTE Inc. Esto no genera problemas ya que las referencias de NTE son las mismas de ECG, por ejemplo el ECG2427 es el mismo NTE2427.

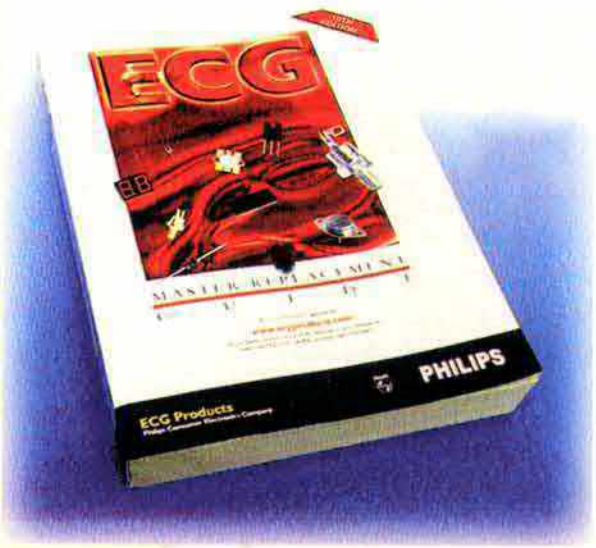


Figura 11.14. *Manual de reemplazos ECG*

Figura 11.15. *Manual de reemplazos NTE*

El conocimiento y manejo de estos manuales es muy fácil y es muy importante para todo estudiante, técnico o profesional de la electrónica, ya que le puede ayudar a solucionar muchos problemas o servir como manual técnico de semiconductores, por lo cual le recomendamos ampliamente que consiga uno de estos ejemplares. En ellos se encuentran casi todas las referencias que existen tanto de diodos como de transistores y circuitos integrados. Además de las características eléctricas, se encuentran su función principal y la disposición de sus terminales, o de los pines, en el caso de los circuitos integrados lo cual puede ser de gran utilidad en un momento dado.

Para utilizar el manual o sistema de reemplazos, primero se busca la referencia del semiconductor que se quiere reemplazar, en la parte final del manual (páginas 2-3 hasta la 2-344, en el manual ECG edición 19) y a su lado encontrará la referencia ECG o NTE equivalente. Luego se va a la parte inicial del manual en donde están todas las referencias en orden ascendente, y allí le indica en cual página se encuentra esta referencia ECG o NTE, con todas sus características en detalle incluyendo su encapsulado. Con la referencia de éste se va a otra sección de solo encapsulados, en donde se puede ver su forma, sus dimensiones exactas y la disposición de los terminales.

En la sección general de referencias, parte final del manual, éstas se encuentran ordenadas o clasificadas primero por números en forma ascendente, luego las combinaciones de letras y números como 1A0012, 1N4004, 1S124, 2N1131, 2SC2231 y, por último, las que empiezan por una o varias letras en orden alfabético como A1185, LM224, SC148, etc. Una mirada rápida al sistema de ordenamiento en todas las páginas nos hará familiarizar con él y nos ayudará a encontrar cualquier referencia.

Para ilustrar este procedimiento, y entenderlo mejor para su posterior aplicación, veamos

To Be Replaced	ECG Replacement
2SA75	126A
2SA75B	126A
2SA76	126A
2SA77	126A
2SA77A	126A
2SA77B	126A
2SA77C	126A
2SA77D	126A
2SA78	102A
2SA78B	102A
2SA78C	102A
2SA78D	102A
2SA79	102A
2SA80	126A
2SA81	160
2SA82	126A
2SA162	126A
2SA163	126A
2SA164	126A
2SA165	126A
2SA166	126A
2SA167	100
2SA168	100
2SA168A	100
2SA169	100
2SA170	100
2SA171	100
2SA172	100
2SA172A	100
2SA173	102A
2SA173B	102A
2SA174	102
2SA277	100
2SA278	100
2SA279	100
2SA280	100
2SA281	100
2SA282	102A
2SA283	100
2SA284	100
2SA285	160
2SA286	160
2SA287	160
2SA288	126A
2SA288A	126A
2SA289	126A
2SA290	126A
2SA291	126A

Figura 11.16. *Buscando el reemplazo para el transistor 2SA75*

ECG124	NPN-Si, HV Audio Pwr Output	300	300	5	.150	20	30	100 typ	TO-66	T25
ECG126A	PNP-Ge, RF/IF Amp, Osc, Mix	15	15	3	50 mA	300 mW (T_A = 25°C)	250	40 typ	TO-18	T2
ECG127	PNP-Ge, Horiz & Vert Defl, Pwr Output	320	320 (CES)	2	10	40	1	15 min	TO-3	T28

Figura 11.17. *Características completas del transistor de reemplazo ECG126A*

126A	1-42	T2	T-PNP, Ge, RF/IF Amp, Osc, Mixer
127	1-42	T28	T-PNP, Ge, Defl Amp, AF PO
128	1-42	T6	T-NPN, Si, AF Preamp, Dr, Vid Amp
128P	1-42	T17	T-NPN, Si, Gen Purp Amp, Sw
129	1-42	T6	T-PNP, Si, AF Preamp, Dr, Vid Amp

Figura 11.18. *Encapsulado del transistor de reemplazo ECG126A*

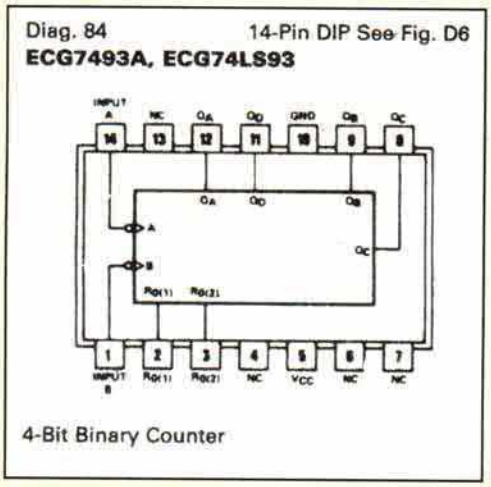


Figura 11.19. *Diagrama de pines del circuito integrado 7493*

el siguiente ejemplo: tenemos un aparato con un daño en un transistor con referencia 2SA75 (sistema japonés), difícil de conseguir. Buscando en la lista general, encontramos que su reemplazo es el ECG126A (página 2-32), tal como se muestra en la **figura 11.16**. Con este dato, suficiente para intentar conseguirlo, vamos a la página 1-10 en la cual se muestran sus características generales y en donde se indica a su vez que las características detalladas se encuentran en la página 1-42, **figura 11.17**, donde vemos que la figura para su encapsulado (TO-18) es la T2, **figura 11.18**

Como ya lo mencionamos, estos manuales también se utilizan como manuales técnicos generales para apoyarnos en ellos en la obtención de los datos técnicos de muchos semiconductores, entre ellos, los diagramas de pines de muchos circuitos integrados como el que se muestra en la **figura 11.19,** y las medidas físicas exactas de los semiconductores, **figura 11.20,** que son necesarias para el diseño correcto de los circuitos impresos. La empresa NTE Inc, también tiene un programa en CD ROM que nos permite encontrar fácilmente un reemplazo y sus características; así como una página *web* (www.nteinc.com), **figura 11.21**, para encontrar, a través de la internet, un reemplazo o las características de un determinado semiconductor.

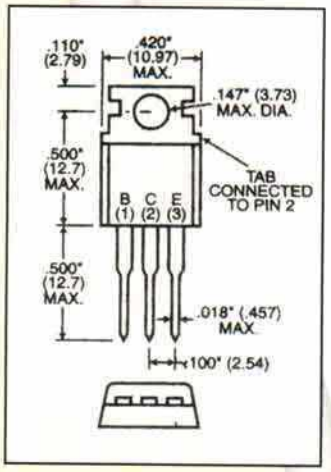


Figura 11.20. *Medidas exactas del encapsulado TO-220*

Le recomendamos, si tiene una computadora disponible, que se conecte a esta página para que se familiarice con ella.

Figura 11.21. *Página web de la empresa NTE Inc.*

Lección 12

Reparación de circuitos y aparatos electrónicos

Todo circuito o aparato electrónico, debido a su misma naturaleza (muchos componentes trabajando permanentemente con corriente eléctrica) y condiciones de funcionamiento, es susceptible de averiarse. Por lo tanto, las reparaciones electrónicas son una fuente importante de trabajo y de ingresos a nivel mundial, siendo ésta una de las actividades en donde más se emplea personal calificado principalmente en lo que llamamos electrónica de consumo (radios, televisores, equipos de video, computadoras, etc). Con los conocimientos adquiridos en este curso, es posible emprender la reparación de aparatos sencillos e ir avanzando hacia técnicas más complejas.

En esta lección les entregaremos algunas nociones básicas sobre una metodología ordenada y efectiva para hacer buenas reparaciones y algunos consejos prácticos que facilitan esta tarea.

Las averías en los aparatos electrónicos se pueden presentar por varias razones, siendo las más comunes: un mal manejo, malas condiciones de operación como un voltaje muy alto, una sobrecarga o un cortocircuito en la salida de un amplificador, una mala conexión de un dispositivo externo, averías en los componentes internos, mala calidad en el diseño y la fabricación, etc. Lo más importante es que la mayoría de las averías se pueden reparar, y a veces, a muy bajo costo.

¿Qué es reparar?

Estrictamente hablando, la reparación de un aparato eléctrónico implica que éste haya trabajado alguna vez, que esté fallando y que deba volverse nuevamente operativo. Para conseguir este objetivo, se deben tener suficientes conocimientos acerca del funcionamiento del mismo y aplicarlos en forma lógica, práctica e inteligente. Es absurdo y peligroso pretender, por ejemplo, reparar una computadora o una cámara de video cuando se desconoce cómo funcionan o cómo están estructuradas.

En general, y con mayor razón en electrónica, toda reparación debe ser un proceso sistemático de varias etapas que comienza con un **diagnóstico,** es decir, la identificacin de la sección donde se localiza el problema; continúa con la **localización** mediante instrumentos de prueba de la etapa que está fallando; y finaliza con el **aislamiento** de la falla y la **sustitución** o reemplazo del ó de los componentes defectuosos. Esto es lo que también se puede llamar la **metodología** para una reparación, **figura 12.1**

Un buen reparador debe aprender con el tiempo a desarrollar su propia metodología, sugerida por sus conocimientos, experiencias y habilidades para diagnosticar, localizar, aislar y corregir fallas en un determinado aparato, y diseñar un plan para repararlo. Sólo así se deja de ser un empírico, como muchos técnicos, para convertirse en un experto. En esta lección le proporcionaremos los principales conceptos para guiarlo en la búsqueda de un modo de proceder lógico y eficiente en cada caso.

Esto debe ir acompañado de una buena documentación, como diagramas, manuales de servicio, hojas de datos de los componentes, etc. y un buen juego de herramientas y equipos de prueba, temas que explicaremos en detalle más adelante.

¿Qué es un aparato electrónico?

Como ya lo hemos visto de diferentes formas, un aparato electrónico es un sistema que cumple una función específica, como recibir emisoras en el caso de una radio, reproducir música en un sistema de sonido, procesar información en una computadora, controlar un proceso industrial, etc. Éstos se construyen a partir de un conjunto de componentes conectados en una determinada forma para formar circuitos, los que se combinan en etapas; éstas, a su vez, forman secciones, y varias secciones conforman el aparato.

Hay muchos tipos de aparatos electrónicos los cuales se agrupan según su función principal, como receptores de radio, receptores de televisión, reproductores musicales, computadoras, videojuegos, equipos para electromedicina, aparatos de comunicaciones, sistemas de control, etc. Además, hay diferentes tecnologías de fabricación según los principales componentes utilizados, como los transistores, los circuitos integrados, tipos de circuitos impresos, etc.

En la mayoría de estos aparatos hay una serie de circuitos que son similares para todos, tales como las fuentes de poder, amplificadores, osciladores, cir-

Figura 12.1. *Pasos involucrados en el proceso de una reparación*

cuitos lógicos digitales, visualizadores, etc., los cuales están formados por los mismos componentes que hemos estudiado, como las resistencias, condensadores, bobinas, diodos, transistores y circuitos integrados, entre otros. Por lo tanto, a pesar de la gran variedad de aparatos en cuanto a funciones, modelos y marcas que hay instalados, y que se ofrecen en el mercado, la similitud de los circuitos y de los componentes facilitan las tareas de reparación.

¿Por qué fallan los aparatos?

A pesar del alto grado de perfeccionamiento alcanzado en el desarrollo y fabricación de los aparatos electrónicos, éstos siempre están expuestos a fallas. Estas últimas pueden resultar del desgaste normal tras un período de uso razonable, especialmente algunas piezas mecánicas o aquellas que trabajan con voltajes y corrientes altas; las fallas también pueden tener su origen en la mala calidad del producto (diseño deficiente, defectos de fabricación, etc.), el sometimiento del mismo a condiciones anormales de funcionamiento (sobrevoltajes, cortocircuitos, temperaturas extremas, etc.), y otras causas.

En cuanto a la calidad, es ahí donde se originan las diferencias entre los distintos fabricantes, ya sea por el diseño, la calidad de los componentes utilizados, la calidad en los procesos de fabricación, la calidad en las pruebas, en los manuales de usuario, en los empaques, etc. Lógicamente, en los productos de mayor calidad, serán menos frecuentes los casos de reparación. Esto se refleja directamente en el precio del producto y cuando los vayamos a comprar debemos tener en cuenta que muchas veces se cumple el refrán popular que dice: «Lo barato sale caro», ya que al final un aparato económico debe ser reparado con frecuencia y, en la mayoría de los casos, debe desecharse definitivamente perdiéndose la inversión.

Una de las habilidades que deben desarrollar las personas que trabajan con electrónica, ya sea como pasatiempo o profesión, es la de reconocer la calidad de los productos y de sus componentes con el fin de ir conociendo las buenas marcas y su calidad.

Muchas veces, una falla se origina simplemente porque el usuario desconoce como operar bien un aparato o hace un mal empleo del mismo. Aunque los aparatos modernos son bastante robustos y resistentes, la ignorancia y los errores de juicio pueden llegar a superar sin dificultades los mejores mecanismos de protección contra impactos. Una de las muchas habilidades que debe adquirir un reparador es, precisamente, la de aprender a interrogar a los clientes para averiguar el modo en que fue tratado un aparato antes de que se averiara. Esta información puede serle de gran ayuda para emitir un diagnóstico.

También debe tener la responsabilidad y la postura ética de responder a las inquietudes relacionadas con sus aparatos, y aconsejarlos con respecto al cuidado y utilización de los mismos.

Aspectos generales de la metodología para las reparaciones

Para la investigación y solución de las fallas que se presentan en los aparatos, procedimiento llamado *troubleshooting* en inglés, no existen reglas definidas. Sin embargo, para hacerlo en forma eficaz es muy conveniente adoptar una metodología general para acercarse a la solución de un problema de un modo lógico y sistemático. Este procedimiento, que incluye las fases de diagnóstico, localización, aislamiento y sustitución antes mencionadas, puede ser resumido en los siguientes pasos:

1. Identifique claramente la avería preguntando al cliente o usuario de la manera más precisa y concreta posible los síntomas que se presentan y que determinan el mal funcionamiento del aparato. Por ejemplo, que la radio no capta todas las emisoras, o que en un equipo de sonido no funciona uno de los dos canales, que la videograbadora reproduce las cintas con unas líneas horizontales o simplemente que el aparato está «muerto», es decir, no da ninguna señal de funcionamiento. Muchas veces el cliente considera que tal o cual ele-

mento está defectuoso, esto se puede tener en cuenta pero no siempre es acertado. Escriba estos síntomas para basarse en ellos al iniciar el proceso.

2. Verifique factores externos tales como la instalación física y eléctrica, el voltaje de funcionamiento, los insumos utilizados (como en el caso de las computadoras e impresoras), etc. Estos datos deben ser consistentes con los recomendados por el fabricante; si no es así, hay que reparar el aparato y corregir estos problemas antes de volver a instalarlo.

3. Realice una inspección visual general del aparato para detectar daños físicos evidentes que pudieran alterar su funcionamiento normal. Por ejemplo, la puerta o el soporte de un reproductor de CD no cierra bien debido a una deformación, o tiene una avería en el mecanismo que lo maneja, o los cables de conexión a los parlantes están rotos, el cable de alimentación está dañado, etc. El resultado de esta inspección debe escribirse con el fin de tenerlo en cuenta durante el proceso de reparación.

4. Revise que los controles de operación del aparato estén en las posiciones correctas; de lo contrario, éste no podrá iniciar su ciclo de trabajo, o éste se alterará. Por ejemplo, puede existir un selector del voltaje de entrada el cual se ha pasado involuntariamente a otro valor (por ejemplo 220VCA para una alimentación de 110VCA). En los aparatos modernos pueden existir botones con varias funciones que el usuario no entiende y, al activar alguna de ellas, pareciera que el aparato no funciona o lo hace incorrectamente.

5. Opere el aparato en la forma como normalmente debe hacerse y compare su funcionamiento con la operación normal especificada por el fabricante en el manual del usuario. Si éste trabaja correctamente, instruya al cliente sobre la forma apropiada de operarlo. Si no es así, proceda a localizar la causa de la falla. Los manuales de servicio de los fabricantes incluyen generalmente tablas de diagnóstico con las fallas más comunes y sus posibles soluciones, las cuales, muchas veces resuelven el problema.

Recomendaciones generales

Antes de comenzar a buscar y analizar sistemáticamente las causas de una falla, revise primero los elementos más fáciles de reparar. De este modo, si el daño es sencillo, se ahorrará tiempo valioso y no tendrá que recurrir a procedimientos innecesarios. Comience por hacer una inspección visual completa para detectar conexiones sueltas, alambres rotos, uniones mal soldadas, componentes quemados, fusibles fundidos, partes deterioradas, etc.

Acostúmbrese también a utilizar sus cinco sentidos en forma práctica. Por ejemplo, si al conectar un aparato se siente un olor a quemado, puede averiguar con su olfato el origen del mismo y descubrir rápidamente la parte que está fallando. Así mismo, con su oído puede hacer el seguimiento de ruidos inusuales y con su tacto detectar componentes flojos, sobrecalentados, etc. Una vez cumplidas las anteriores rutinas, si no se encuentra la falla, es necesario el uso de herramientas e instrumentos de prueba para asistirlo en el análisis y definición del problema, lo cual explicaremos en detalle más adelante.

Para finalizar, tenga siempre presente que algunos aparatos y sistemas eléctricos y electrónicos, en general, pueden ser peligrosos y letales. Por esta razón, es importante adoptar medidas de seguridad para evitar descargas eléctricas, incendios, explosiones, averías mecánicas y heridas resultantes del uso inadecuado de los mismos. Por su propia protección, la de los aparatos mismos, y del sitio donde hace sus reparaciones, respete las recomendaciones de seguridad proporcionadas por los fabricantes y nunca omita las normas básicas de seguridad eléctrica.

Estructura de los aparatos electrónicos

Uno de los principales aspectos que debemos conocer antes de reparar cualquier aparato electrónico es la identificación de su estructura, es decir, su composición interna, la cual establece su división en diferentes partes, con el fin de entender mejor su funcionamiento y facilitar su reparación. Cualquier aparato electrónico por sencillo o complejo que sea se puede dividir en secciones, etapas, circuitos y componentes.

Las **secciones** son los bloques principales del aparato, cada una con una función específica; por ejemplo, en un receptor de radio en AM hay cuatro secciones principales: la de radiofrecuencia o RF, la de frecuencia intermedia o FI, la de audio o sonido y la fuente de poder, **figura 12.2**. La sección de RF es la encargada de recibir, seleccionar y amplificar cada una de las emisoras; la sección de FI tiene como función la eliminación de emisoras adyacentes y amplificar la señal seleccionada; la sección de audio debe convertir estas señales en ondas sonoras de buen volumen y fidelidad; y la fuente de poder es la encargada de convertir la energía de corriente alterna (CA), presente en los tomacorrientes, en corriente continua (CC) y alimentar con ella las demás secciones.

Dependiendo de esta división se establece lo que se llama el **diagrama de bloques** de un aparato, el cual permite visualizar fácilmente su estructura general y su principio básico de funcionamiento, lo que facilita la tarea de la reparación dividiendo, lo que parece muy complejo, en pequeñas áreas más comprensibles.

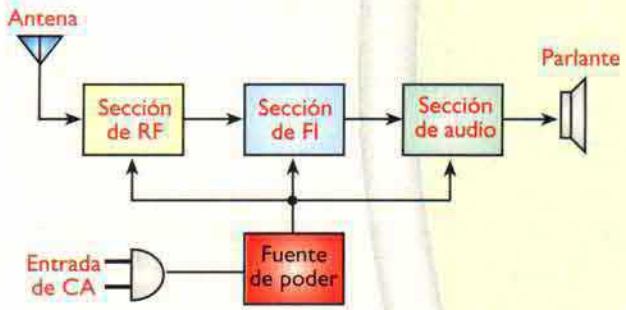


Figura 12.2. *División de un receptor de radio AM en secciones o bloques*

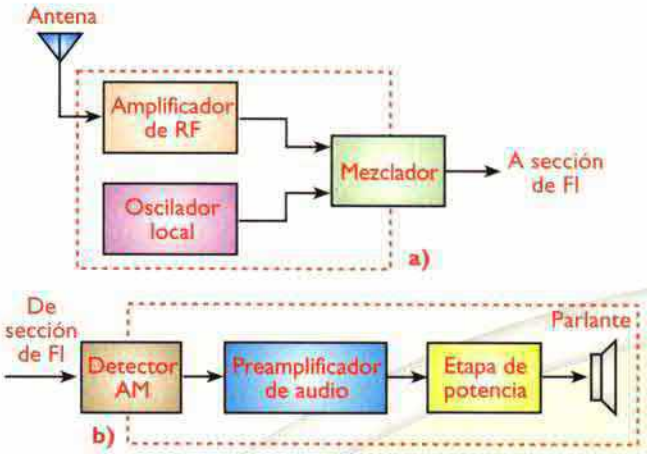


Figura 12.3. *Receptor en AM. a) Etapas de la sección de RF. b) Etapas de la sección de audio*

Las secciones se subdividen en **etapas** que por lo general se encuentran alrededor de un transistor o un circuito integrado, acompañados por otros componentes, como resistencias, condensadores, diodos, etc. Una sección puede tener una o varias etapas, según su función o trabajo. Por ejemplo, en la **figura 12.3** se muestran las secciones de RF y de audio de un receptor en AM típico con sus respectivas etapas. Todas las etapas de una sección manejan el mismo tipo de señal; en la sección de RF, de la figura 12.3a, se manejan señales de alta frecuencia y en la sección de audio, de la figura 12.3b, se manejan señales de baja frecuencia o sonido.

Hay un tipo muy común de etapas llamadas etapas de acople o interfaz, las cuales se encargan de pasar la señal de una sección a otra, lo cual implica que convierten un tipo de señal en otra y, además, pertenecen a dos o más secciones. Por ejemplo, en la figura 12.3b, el detector de AM convierte la señal de FI en señal de audio.

Continuando con la estructura, las etapas se dividen en **circuitos**; lo cual algunas veces no es muy claro ya que una etapa, cuando es muy sencilla, se puede tomar como un circuito y viceversa. Se debe entonces aprender a distinguir los dife-

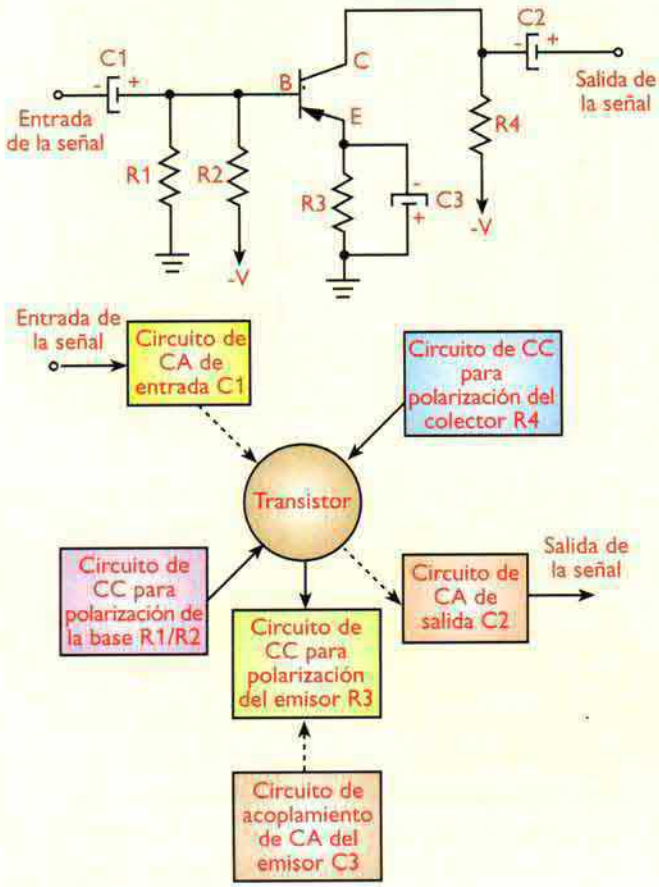


Figura 12.4. *Circuitos de una etapa amplificadora con un transistor PNP*

rentes circuitos que hacen parte de una etapa para trabajar correctamente en el proceso de las reparaciones. Los circuitos están formados generalmente por uno o varios componentes conectados en serie, en paralelo o en forma mixta. Para aclarar este concepto observemos la **figura 12.4** correspondiente a una etapa amplificadora conformada por un transistor bipolar tipo PNP conectado en configuración de emisor común y varios componentes pasivos. En la figura podemos ver los diferentes circuitos que la componen.

En esta división podemos analizar también otro concepto muy importante que se utiliza en todo tipo de aparatos; hay circuitos de corriente continua o polarización y circuitos de corriente alterna o de señal. En la figura 12.4 los diferenciamos por medio de líneas sólidas para los de CC y líneas punteadas para los de CA. Esto es muy útil para poder hacer las mediciones y los análisis apropiados en cada uno de ellos, dependiendo de su función y naturaleza.

Para terminar esta división, definimos que los circuitos están formados por **componentes** o partes electrónicas, los cuales, son los elementos individuales que cumplen funciones propias de su construcción y naturaleza, tal como lo hemos estudiado en la sección de **Componentes** de este curso. Dependiendo de la función que desempeñan en cada circuito o en el sitio en el cual estén conectados, los componentes básicos toman diferentes nombres, como resistencia de carga, resistencia de emisor, condensador de acople, condensador de filtro, bobina de antena, interruptor general, etc.

Para poder trabajar bajo esta metodología y división, debemos primero que todo estar muy familiarizados con los diagramas esquemáticos o planos de los aparatos y los símbolos de cada uno de los componentes. Éste es el punto de partida ya que los diagramas de bloques no siempre están definidos y en la mayoría de los casos debemos partir de aquellos para llegar a éstos. Aún más, si no hay un diagrama esquemático disponible, a veces es necesario que lo dibujemos a partir del análisis y observación del aparato real, lo cual no es tan simple ahora debido a la miniaturización y lo compactos que son los aparatos electrónicos modernos.

Afortunadamente la mayoría de los fabricantes han publicado los diagramas de sus diferentes modelos y sus manuales de servicio (*service manuals*); por lo tanto, una de las primeras habilidades que debe desarrollar todo técnico reparador es la de aprender a conseguir la mayor cantidad posible de información sobre el aparato que va a reparar, tema que veremos en una próxima lección. Además, es muy importante conocer qué tipo de señales maneja cada una de las etapas con el fin de verificarlas durante el proceso de la reparación. En los manuales de servicio aparecen dibujadas estas señales para que el técnico las compare con las obtenidas con instrumentos de prueba, como el osciloscopio, por ejemplo.

Si no tenemos disponibles estos diagramas, que es lo más recomendable, debemos desarrollar una habilidad adicional la cual consiste en establecer mentalmente la estructura del aparato que se va a reparar y en buena parte su diagrama esquemático. Es en este momento cuando más se requiere y justifica el estudio de cursos como éste y otros más avanzados, para poder deducir y entender el funcionamiento de todo tipo de circuitos y componentes.

Metodología para las reparaciones

Como ya lo mencionamos, la metodología más universal para las reparaciones de aparatos electrónicos tiene cuatro fases principales: diagnóstico de la falla, localización de la misma, aislamiento del problema y sustitución de componentes. Veamos ahora los aspectos fundamentales de cada una de estas fases.

Diagnóstico de fallas

Esta fase corresponde a la identificación de la sección en la cual se está presentando el problema y de ahí la importancia del conocimiento inicial sobre la división del aparato en secciones, con el fin de poder trabajar ordenadamente en este proceso. Por ejemplo, si en un receptor de radio en AM, cuyo diagrama de bloques se mostró en la figura 12.2, no funciona, es decir, no hay ninguna señal de sonido, ruidos, indicaciones luminosas, etc. lo más probable es que la avería esté en la fuente de poder o en el circuito de alimentación de CA.

De acuerdo a esta suposición, lo que debemos hacer es medir los voltajes de entrada (CA) y salida (CC) de la fuente de poder con un multímetro. Si no hay voltaje de salida de CC, entonces la avería está en la fuente. Si éstos son correctos, el problema está en otra sección. Si no hay ningún sonido, el problema podría estar entonces en la sección del amplificador de audio y debemos proceder a revisarlo tal como lo explicaremos más adelante. Si éste está bien, pasamos a otra sección y así sucesivamente hasta encontrar el problema. Con la práctica, los técnicos van desarrollando una cierta habilidad para localizar fácilmente la sección defectuosa dependiendo de los síntomas presentados.

Figura 12.5. *Instrumentos de prueba más utilizados en la reparación de aparatos electrónicos*

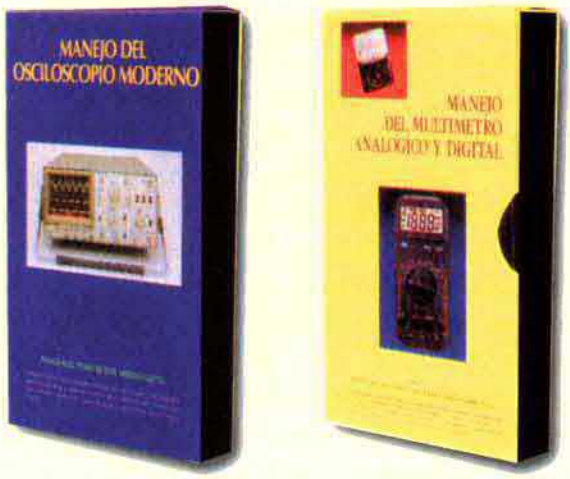


Figura 12.6. *Videos didácticos para aprender a manejar los instrumentos de prueba*

Localización de la falla

En esta segunda fase, vamos penetrando más en la estructura interna del aparato y nos dedicamos al análisis de las diferentes etapas de la sección defectuosa hasta localizar la o las que están ocasionando el problema, tal como lo veremos más adelante con algunos ejemplos prácticos. En este momento ya debemos empezar a utilizar más a fondo los instrumentos de prueba, como los multímetros análogos y/o digitales, los generadores de señal y el osciloscopio, **figura 12.5**. Por eso, el primer paso para ser un buen técnico reparador es tener un buen conocimiento práctico del manejo de estos instrumentos. Para iniciarse en las técnicas de reparación, puede hacerlo con aparatos sencillos, utilizando solamente un buen multímetro, preferiblemente digital.

Si usted todavía no se siente muy seguro en el manejo de los instrumentos, le recomendamos repasar las lecciones de este curso que tratan este tema y otros, como el "Curso Práctico de Electrónica Moderna" de CEKIT, el cual incluye lecciones muy completas sobre estas técnicas. También le recomendamos que adquiera los videos de CEKIT titulados: "El manejo del multímetro análogo y digital" y el "Manejo del Osciloscopio moderno", **figura 12.6**, por medio de los cuales se puede aprender en forma muy efectiva el manejo de estos útiles instrumentos.

Aquí también es muy importante la correcta identificación de cada una de las etapas. Por ejemplo, en una fuente de poder típica está la etapa de entrada (cable de entrada o alimentación, interruptor general y fusible general), etapa rectificadora, etapa de filtro, etapa reguladora, etc., tal como se puede ver en la **figura 12.7**

Aislamiento del problema

Una vez localizada la etapa defectuosa dentro de la sección averiada, debemos aislar el problema propiamente dicho hasta encontrar él o los circuitos que lo están causando. En esta fase continuamos con el uso de los instrumentos de prueba y el análisis de sus resultados, debiendo llegar a la identificación exacta de la causa, bien sea por componentes defectuosos o por alguna conexión que se haya deteriorado. También se pueden encontrar daños físicos, como golpes, roturas, etc., tanto en componentes electrónicos como mecánicos.

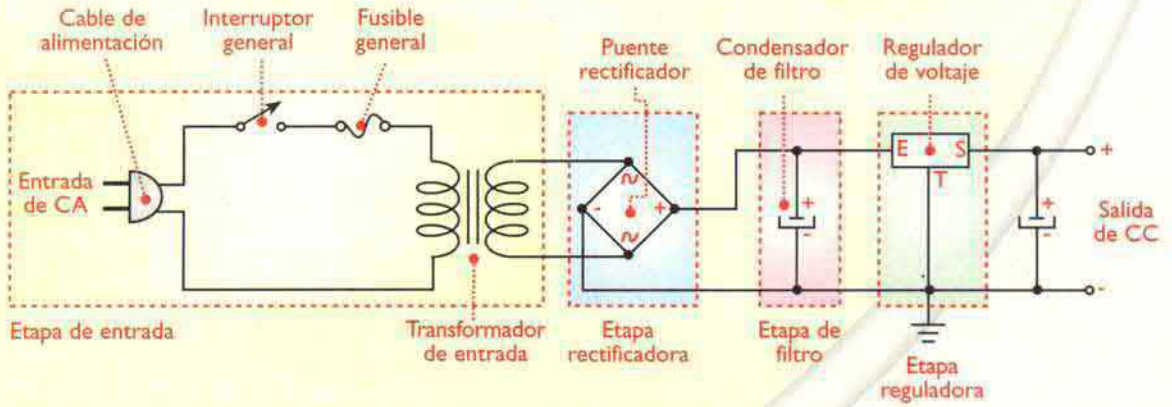


Figura 12.7. *Identificación de la etapas de una fuente de poder (sección de un aparato)*

Aspectos prácticos de las reparaciones en aparatos electrónicos

Una vez que hemos visto los conceptos básicos y la metodología general para las reparaciones, veamos ahora los aspectos prácticos y algunos ejemplos reales en aparatos sencillos, con el fin de pasar de la teoría a la práctica. Estudiaremos cómo se hacen las mediciones de algunos parámetros, como los voltajes y corrientes dentro de los circuitos y los aparatos, así como la prueba de componentes, la aplicación y lectura de señales, etc.

Herramientas para las reparaciones

Tal como lo vimos anteriormente, todo técnico en electrónica debe tener un conjunto mínimo de herramientas que le permitan hacer sus tareas en forma eficiente. Para las reparaciones este conjunto debe ser más amplio que en el caso del ensamblaje de circuitos sencillos, como los que hemos estudiado en la sección de proyectos. Por ejemplo, se requiere de un buen juego de destornilladores, de llaves de copa y de pinzas, cada uno con diferentes tipos y tamaños, o un juego completo, **figura 12.8**, con el fin de poder desarmar la gran variedad de aparatos que hay en el mercado, sin dañar los tornillos y otros elementos al utilizar la herramienta inadecuada.

Figura 12.8. *Juegos de herramientas para diferentes tareas*

Desoldadores manuales

Desoldador eléctrico

Figura 12.9. *Herramientas para desoldar componentes en circuitos y aparatos electrónicos*

También se requiere de un buen conjunto de herramientas para soldar y para desoldar, **figura 12.9**, quizás uno de los procedimientos más importantes en la tarea de las reparaciones. Más adelante explicaremos algunos procedimientos recomendados para desoldar componentes sin averiarlos.

Sobre los instrumentos necesarios, se requieren, en lo posible, por lo menos dos multímetros, uno análogo y uno digital, un generador de señales de audio y uno de RF, una buena fuente de poder con varios voltajes de salida, y, ojalá, un osciloscopio. Si se va a trabajar en la reparación de receptores de TV, videograbadoras y videocámaras, se requieren algunos generadores de señal e instrumentos apropiados para este tipo de aparatos, así como algunas herramientas especiales. Todos estos elementos, así como los materiales y los componentes de repuesto, deben estar bien or-

Figura 12.10. *Cursos de reparación de aparatos electrónicos que ofrece CEKIT*

ganizados y disponibles en un buen banco de trabajo, tal como los que vimos en una lección anterior de este mismo curso.

Por el momento, con los conocimientos adquiridos en este curso, se pueden reparar aparatos sencillos, como fuentes de poder, amplificadores de audio, alarmas, juegos de luces, etc. Para llegar a reparar otro tipo de aparatos diferentes a los mencionados, se deben estudiar, una vez terminado éste, otros cursos más avanzados como los que ofrece CEKIT, **figura 12.10**

La lámpara o tomacorriente en serie

Un elemento muy sencillo, pero de gran utilidad en todo tipo de reparaciones recibe el nombre popular de "la serie" o simplemente lámpara en serie, llamada así por su conexión, y la cual se debe incorporar en todo banco de trabajo. Como se puede observar en la **figura 12.11**, hay una lámpara o bombilla conectada en serie con la entrada de alimentación de corriente alterna (CA) y hay un tomacorriente para conectar los aparatos bajo prueba. Cuando se conecta un aparato que se alimente con CA, en este tomacorriente especial, la lámpara se enciende con una intensidad que depende del consumo de corriente del aparato, el cual varía dependiendo del tipo y modelo del mismo.

Si el aparato está en cortocircuito, la lámpara se encenderá totalmente indicando el estado defectuoso y además, protegerá al aparato, ya que, al estar en serie, todo el voltaje se aplicará a ella. Si la lámpara se ilumina con una buena intensidad en el momento de encender el aparato bajo prueba y luego la luminosidad se rebaja, indica que el aparato está en buenas condiciones desde el punto de vista de la fuente de poder y los consumos de corriente de los diferentes circuitos; temas estos que ampliaremos más adelante.

Procedimientos básicos de prueba

Como ya lo hemos mencionado, los procedimientos básicos de prueba consisten principalmente en la medida de voltajes y corrientes de CA y de CC en los diferentes circuitos y la aplicación de señales, ya sean análogas o digitales, en las entradas de las etapas, y su lectura en las salidas. Iniciemos la explicación de la parte práctica con una fuente de poder regulada de tipo lineal cuyo diagrama hemos visto anteriormente.

La importancia de aprender a reparar una fuente de poder radica en que la mayoría de los aparatos las incluyen como una de sus secciones y es una de las averías más comunes que se presentan. Hay dos tipos principales de fuentes de poder: las de tipo lineal y las de conmutación o *suicheo* (*switching regulator*). En este caso analizaremos las de tipo lineal por ser más simples y porque su teoría ya ha sido estudiada; las de conmutación no se tratan en este curso. Hay que tener en cuenta que

Figura 12.11. *Diagrama esquemático de la lámpara en serie*

Figura 12.12. *Midiendo el voltaje de salida de CA en el secundario del transformador*

estas fuentes lineales se encuentran en los aparatos que se alimentan con corriente alterna (CA), los aparatos que se alimentan con pilas o baterías generalmente no las incluyen. Finalmente es el técnico quien debe establecer si el aparato tiene una fuente de poder o no.

Se debe sospechar del daño en la fuente de poder cuando ninguna parte del aparato averiado da señales de vida, es decir, no se enciende ninguna lámpara indicadora (luz piloto, LED, etc.), no giran los motores, no han ningún sonido, etc.; en otras palabras en el lenguaje común se dice que el aparato está "muerto".

Las fuentes de poder lineales pueden ser reguladas o no reguladas; estas últimas son las más utilizadas y el método de regulación, como ya lo vimos en la sección de Teoría, depende de los componentes y circuitos utilizados. Para este ejemplo veremos una fuente con un circuito integrado regulador de tres terminales, cuyo diagrama esquemático se presentó en la figura 12.7. En este caso trabajaremos sobre la fuente modelo K-025 de CEKIT que tiene la misma configuración. Aunque ésta es una fuente externa, el mismo circuito se puede encontrar en el interior de cualquier aparato.

Trabajo práctico de reparación

Lo primero que debemos hacer es verificar la salida de voltaje (CC) de la fuente. Si éste no se encuentra presente en la salida, o es mucho más alto del esperado, ciertamente la fuente tiene una avería. Antes que todo debemos observar si hay un fusible en la salida de la fuente y verificar su estado; muchas veces se puede presentar un cortocircuito o un consumo excesivo de corriente en alguna de las secciones del aparato lo cual hace que éste se queme. Si está averiado debemos reemplazarlo por uno similar, pero antes de volver a probar el aparato, éste se debe conectar en el tomacorriente en serie, ya que, si la anomalía persiste, hay que encontrar el problema, pues de lo contrario el fusible se seguirá quemando.

Si no hay un fusible en la salida de la fuente o está en buen estado, pasamos a medir la salida de voltaje (CA) en el secundario del transformador T1. Esto nos determinará si la avería está en la parte de la CA o en la parte de la CC. Éste debe ser más o menos de unos 9 voltios de CA, **figura 12.12**. Si hay voltaje, el problema está de ahí en adelante, si no lo hay, se debe buscar de ahí hacia atrás.

Veamos el primer caso: si el transformador T1 está entregando el voltaje correcto en el secundario, debemos medir ahora el voltaje de CC en la salida del puente rectificador BR1 que es el mismo voltaje que está presente en el condensador de filtro C1. Si hay voltaje, el cual debe

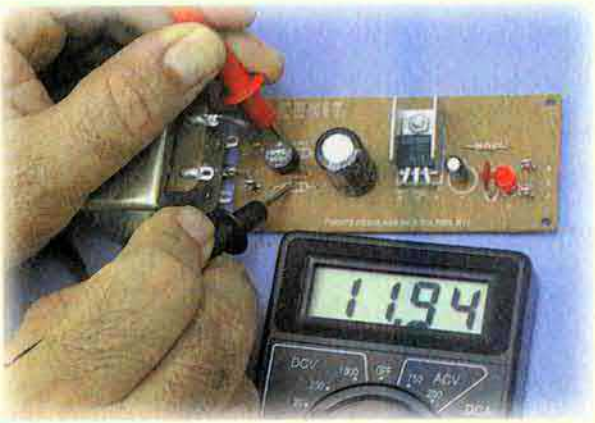


Figura 12.13. *Midiendo el voltaje de CC en la salida del puente rectificador*

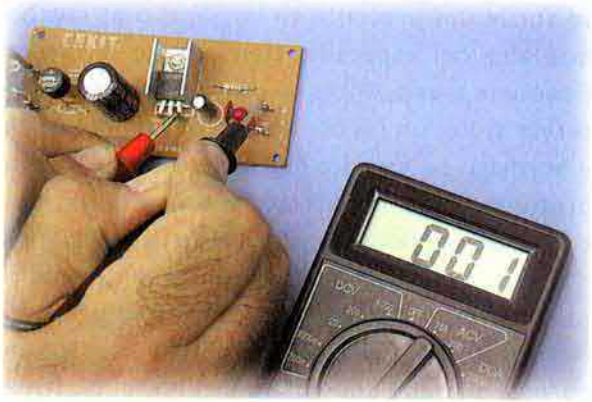


Figura 12.14. *Verificando las conexiones entre la salida del regulador de voltaje y los terminales de salida*

estar alrededor de los 12 voltios de CC, **figura 12.13**, el problema está en el regulador de voltaje o en sus conexiones, las cuales se pueden revisar con el multímetro teniendo la fuente o el aparato desconectado, **figura 12.14**. Si éstas se encuentran en buen estado, debemos retirar del circuito el regulador de voltaje y probarlo en forma independiente, **figura 12.15**. El regulador puede tener dos averías: o está en cortocircuito entregando en la salida el mismo voltaje de la entrada, o no entrega ningún voltaje. Si éste es el problema, lo debemos reemplazar por uno similar en cuanto a voltaje y corriente.

Si no hay voltaje de CC en la salida del puente rectificador, lo debemos retirar del circuito y revisarlo en forma independiente (ver tema de prueba de diodos en la sección de Componentes), si se comprueba su mal estado, lo debemos reemplazar por uno nuevo o usado en buen estado, con las mismas características eléctricas.

Si el puente rectificador está bien, el problema puede ser que alguno de los condensadores, ya sea el de filtro (C1) o el condensador de salida (C2), esté en cortocircuito, una de las fallas más comunes en las fuentes de poder de este tipo. Si hay dudas sobre ellos, lo mejor es retirarlos del circuito y probarlos en forma individual.

Ahora veamos el segundo caso: no hay voltaje de CA en el secundario del transformador T1. Lo primero que debemos hacer es medir el voltaje de CA en el primario del transformador; éste debe ser más o menos de unos 110 o 220 voltios dependiendo del país en donde nos encontremos. Si al primario le llega voltaje de CA y no lo hay en el secundario, el problema está en el transformador, otro de los daños más comunes en este tipo de fuentes. Si no le llega voltaje al primario, la falla puede estar en el fusible, en el interruptor general, o en el cable de alimentación.

Con la fuente desconectada, proceda a revisarlos con el multímetro en la escala más baja de resistencia, o con un probador audible de continuidad, si lo tiene, **figura 12.16**

Figura 12.15. *Verificando el regulador de voltaje en forma independiente. En este caso se aplica un voltaje de CC entre los terminales de entrada y tierra, y medimos el voltaje de salida*

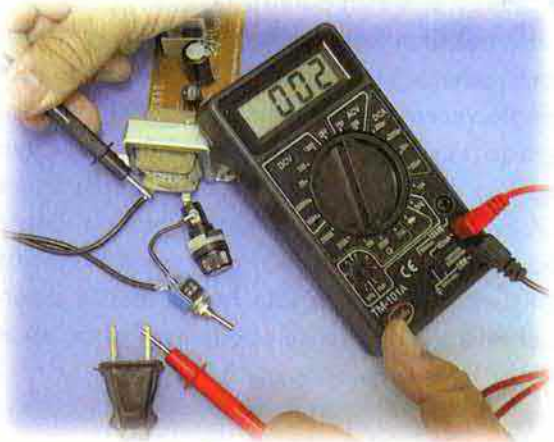


Figura 12.16. *Verificando la continuidad de los elementos del circuito de entrada de CA (cable de alimentación, interruptor y fusible)*

Cómo desoldar componentes electrónicos

Antes de continuar con el estudio de la reparación de aparatos electrónicos vamos a explicar algunas técnicas para desoldar componentes. En las reparaciones, aprender a desoldar correctamente todo tipo de componentes es uno de los aspectos clave para lograr un trabajo efectivo. En una práctica anterior ya habíamos explicado cómo soldar y esa técnica tiene que ver mucho con estos procedimientos. El proceso de desoldar puede ser mecánico o por medio de desoldadores eléctricos que incluyen una bomba de vacío y una herramienta que calienta la soldadura, tal como el que se mostró en la figura 12.9b. Esta herramienta es un poco costosa y no está al alcance de la mayoría de los técnicos por lo que dedicaremos un mayor espacio a la explicación de las técnicas mecánicas.

El procedimiento mecánicas para desoldar requiere de dos elementos: un cautín y un dispositivo para remover la soldadura. En cuanto al cautín, este debe ser pequeño, con una potencia entre 15W y 30W y del mismo tipo utilizado en el montaje de circuitos electrónicos. Por ningún motivo deben utilizarse pistolas para soldar en este proceso ya que el calor que éstas generan destruyen fácilmente las pistas de los circuitos impresos y los componentes, especialmente los semiconductores. En cuanto al dispositivo para remover la soldadura hay dos posibilidades: utilizar un desoldador mecánico (solder *sucker*), tal como los que se mostraron en la figura 12.9a, o utilizar una cinta especial de cobre trenzada llamada en inglés *solder wick*, **figura 12.17**. Esta cinta absorbe la soldadura y permite que se retire el terminal del componente del circuito impreso, tal como lo explicaremos más adelante. El uso de una u otra técnica depende del gusto, las habilidades y la experiencia de cada persona y lo más recomendable es aprender a utilizar las dos ya que cada una puede tener una mejor aplicación dependiendo del tipo de componente que se vaya a desoldar.

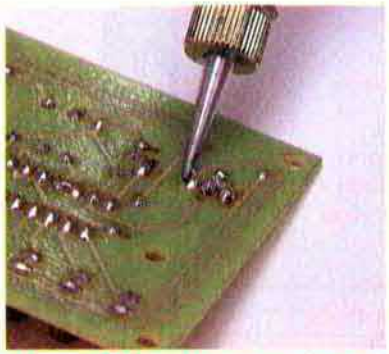
Figura 12.17. *Cinta para desoldar o* solder wick

Figura 12.18. *Estructura interna de un desoldador mecánico*

Usando el desoldador mecánico

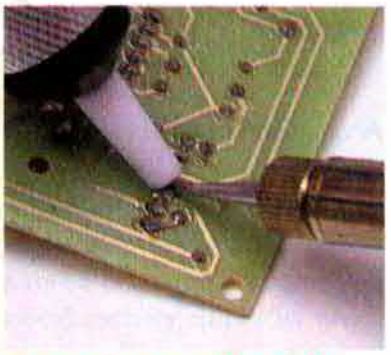
El desoldador mecánico es una pequeña bomba de vacío que incluye un tubo sellado, un pistón unido a una varilla delgada terminada en un botón para empujarlo, un resorte, un botón para liberar el pistón y una boquilla delgada de teflón en uno de los extremos, **figura 12.18.** Cuando se empuja el pistón, se comprime el aire en el tubo (cámara sellada) y cuando éste se suelta, se produce un efecto de vacío que se hace presente en la punta de la boquilla y absorbe la soldadura, la cual pasa a un depósito interno (tubo).

Para desoldar el terminal de un componente se debe primero calentar con el cautín el punto de la soldadura hasta que se derrita completamente,



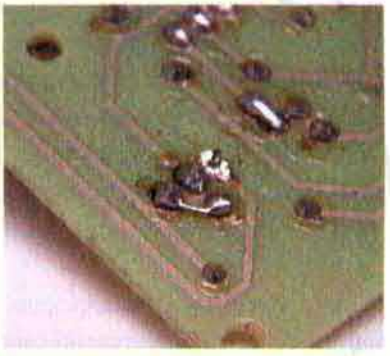
1) Se calienta la soldadura con el cautín. Ésta debe quedar bien derretida

2) Se presiona el botón superior del desoldador hasta que el pistón quede asegurado



3) Se coloca la punta del desoldador sobre la soldadura caliente

4) Se presiona el botón inferior para liberar el pistón y producir el vacío



5) Aspecto de la soldadura retirada correctamente

Figura 12.19. *Pasos para retirar una soldadura con un desoldador manual*

luego se debe presionar el botón del desoldador hacia abajo hasta que éste quede asegurado, después, se coloca la punta del desoldador sobre la soldadura caliente y se presiona el botón de liberación. En ese momento la soldadura se debe aspirar hacia el tubo. En la **figura 12.19** podemos observar en detalle este procedimiento. La punta de estos desoldadores se va deteriorando y hay que cambiarla cuando su orificio se haya ampliado y ya no se pueda conseguir el vacío necesario para desoldar. Asimismo, hay que estar limpiando el interior del tubo, removiendo la tapa inferior, ya que allí se acumula la soldadura retirada.

Cinta de cobre trenzada para desoldar (*solder wick*)

Con esta técnica se debe calentar el punto de soldadura y aplicarle la cinta de cobre. Así la soldadura se pasa a la cinta retirándose del terminal del componente y del circuito impreso, **figura 12.20**. Esto ocurre debido a su construcción en forma trenzada lo que hace fluir fácilmente la soldadura derretida hacia ella. Cuando la cinta quede saturada de soldadura se debe cortar y repetir el procedimiento hasta que el punto quede limpio. Es una buena técnica utilizar primero la bomba de vacío manual y luego la cinta.

Desoldando circuitos integrados

Los componentes que presentan una mayor dificultad para ser desoldados son los circuitos integrados, en los cuales hay que remover muy bien la soldadura en cada uno de sus pines para poder

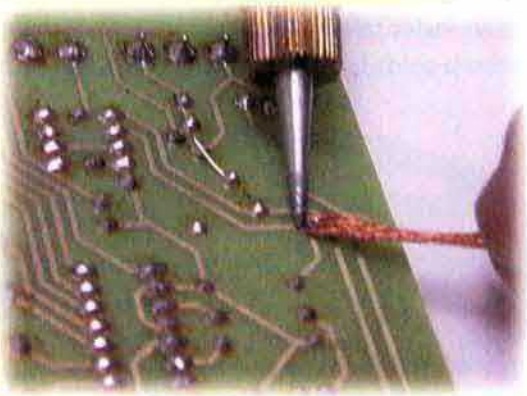


Figura 12.20. *Retirando la soldadura con la cinta de cobre trenzada*

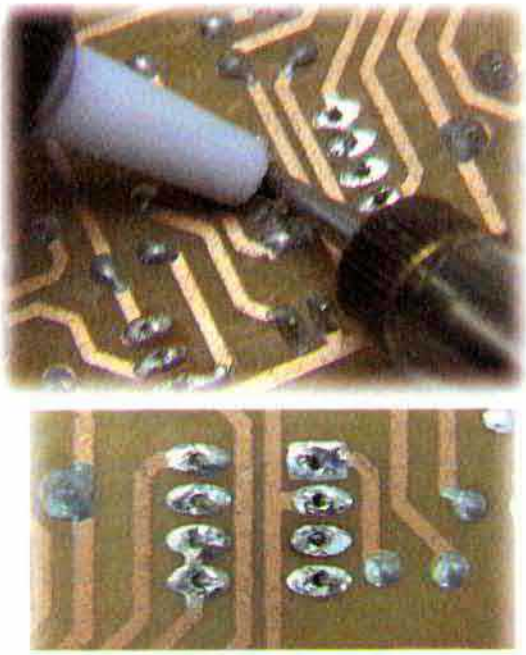


Figura 12.21. Desoldando un circuito integrado

retiralos completamente, tal como se muestra en la **figura 12.21**. Para desoldar los modernos circuitos integrados de montaje superficial (SMT) hay varias técnicas, las cuales no veremos en este curso pero que el alumno puede aprender en otros cursos o a través de la internet.

Reparación de un amplificador de audio

Continuando con las prácticas sobre las reparaciones de aparatos electrónicos, veremos ahora un ejemplo con otro de los aparatos en los cuales se presentan casos de averías con frecuencia y que se pueden resolver más o menos fácilmente; es el caso de los amplificadores de audio o de sonido los cuales se encuentran en la mayoría de los hogares.

Recordemos que un sistema de sonido está conformado por: el amplificador; las unidades de entrada, que pueden ser un reproductor de CD, un sintonizador o radio, un reproductor de casetes, un reproductor de discos de acetato; y los parlantes o bafles, como unidades de salida. Actualmente muchos sistemas de sonido se encuentran en el mercado en forma integrada, dejando solo los parlantes como elementos externos. Para la explicación de este procedimiento solamente hablaremos de la parte correspondiente: el amplificador de audio, una vez que se haya detectado que éste tenga problemas. Previamente se han verificado el funcionamiento de cada una de las unidades de entrada y de los parlantes.

Tomaremos como ejemplo el amplificador marca CEKIT referencia K-229, cuyo diagrama esquemático y de bloques, y la división en secciones, tal como lo establece la metodología sugerida para las reparaciones, se muestran en las **figuras 12.22** y **12.23**. Teniendo en cuenta esta metodología, recordemos que los pasos son: diagnóstico, localización de la falla, aislamiento de la misma y sustitución de los componentes averiados. El síntoma que presenta el amplificador es que no entrega ninguna señal en la salida, es decir, ningún sonido en los parlantes.

Lo primero que debemos hacer es comprobar el estado de la fuente de poder en la misma forma explicada en el ejemplo anterior. En este caso la fuente está trabajando correctamente. Luego debemos medir los voltajes de CC en cada una de las secciones, etapas y componentes, **figura 12.24**, con el fin de verificar que toda la polarización del amplificador esté presente. Estos sitios están marcados en el diagrama con puntos rojos pequeños.

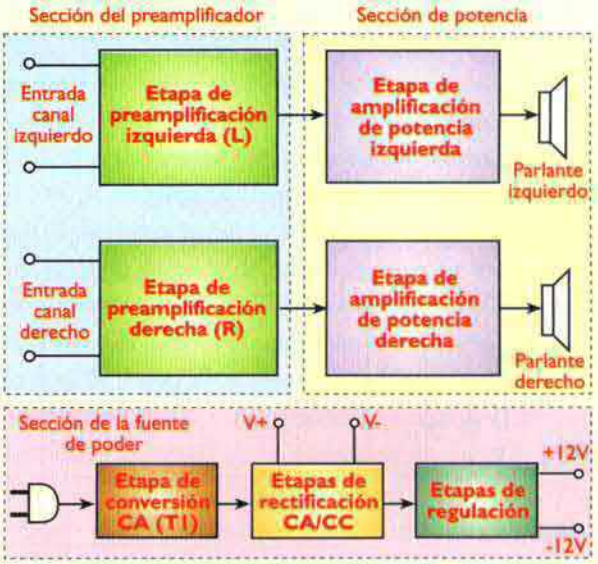


Figura 12.22. Diagrama de bloques del amplificador K-229 de CEKIT

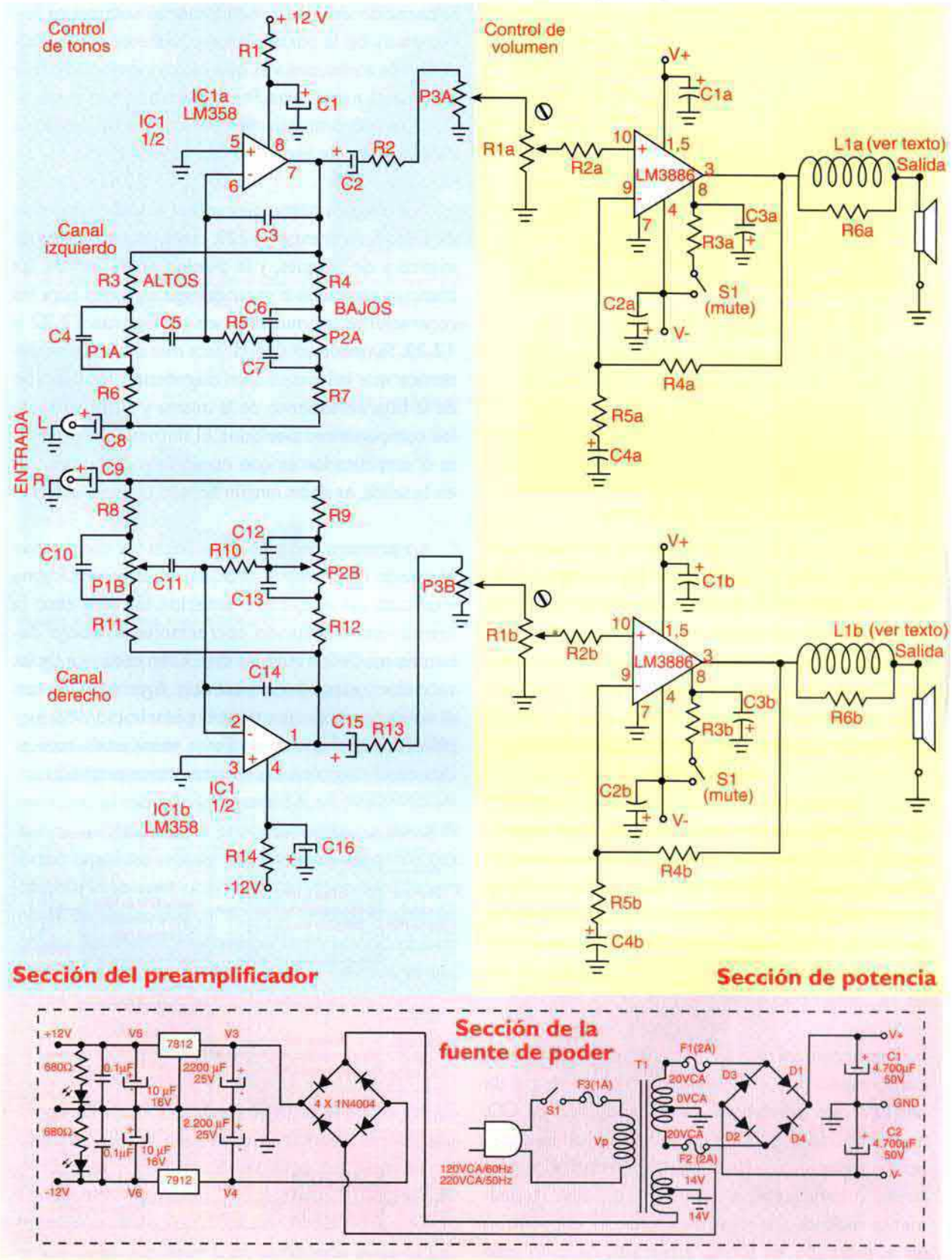


Figura 12.23. *Diagrama esquemático del amplificador K-229 de CEKIT*

Figura 12.24. *Midiendo los voltajes de CC en diferentes puntos del aparato*

Hay otro procedimiento muy importante en las reparaciones y es la medida de corrientes en CA y en CC. Esto nos puede informar si una determinada etapa o componente del aparato tiene problemas, los cuales se detectan observando que su consumo de corriente es mayor de lo normal. Para hacerlo, como lo vimos en las lecciones iniciales sobre el manejo de los instrumentos de medida, éste se debe conectar en serie. Por lo tanto, hay que desconectar la línea de alimentación de la etapa o el terminal del componente cuya corriente se va a medir.

Figura 12.25a. *Cortando un circuito impreso para medir corriente*

En el primer caso, probablemente haya que hacer un pequeño corte en la pista del circuito impreso, **figura 12.25a**, el cual se debe restituir una vez se haya hecho la medición, y, en el segundo caso, se debe desoldar el terminal seleccionado para la medida, **figura 12.25b**. En nuestro ejemplo, medimos la corriente que consumen los circuitos integrados LM358 en el preamplificador y LM3886 en las etapas de potencia. En el diagrama esquemático están marcados con puntos azules pequeños. Si las corrientes medidas no indican nada anormal, debemos pasar al método de aplicación y lectura de señales.

Aplicación de señales de prueba

En los amplificadores de audio es ampliamente utilizada la técnica de aplicación de señales en la entrada de las diferentes etapas con el fin de establecer cuál es la sección o etapas defectuosas, tal como se indica en la **figura 12.26**. Para hacerlo hay diferentes métodos dependiendo de los instrumentos que se tengan disponibles. Los instrumentos utilizados para este procedimiento son: un generador de señales y un osciloscopio, como los que se mostraron en la figura 12.5 o similares. Si no se dispone de mucho presupuesto, podemos utilizar el inyector de señales K-068 de CEKIT. Inicialmente se aplica una señal de onda seno con una frecuencia de 1 KHz de atrás hacia adelante, etapa por etapa, con el fin de ir identificando el problema. Para utilizar este método debemos identificar en el diagrama cuál es la entrada y

Figura 12.25b. *Desoldando el terminal de un componente para medir corriente*

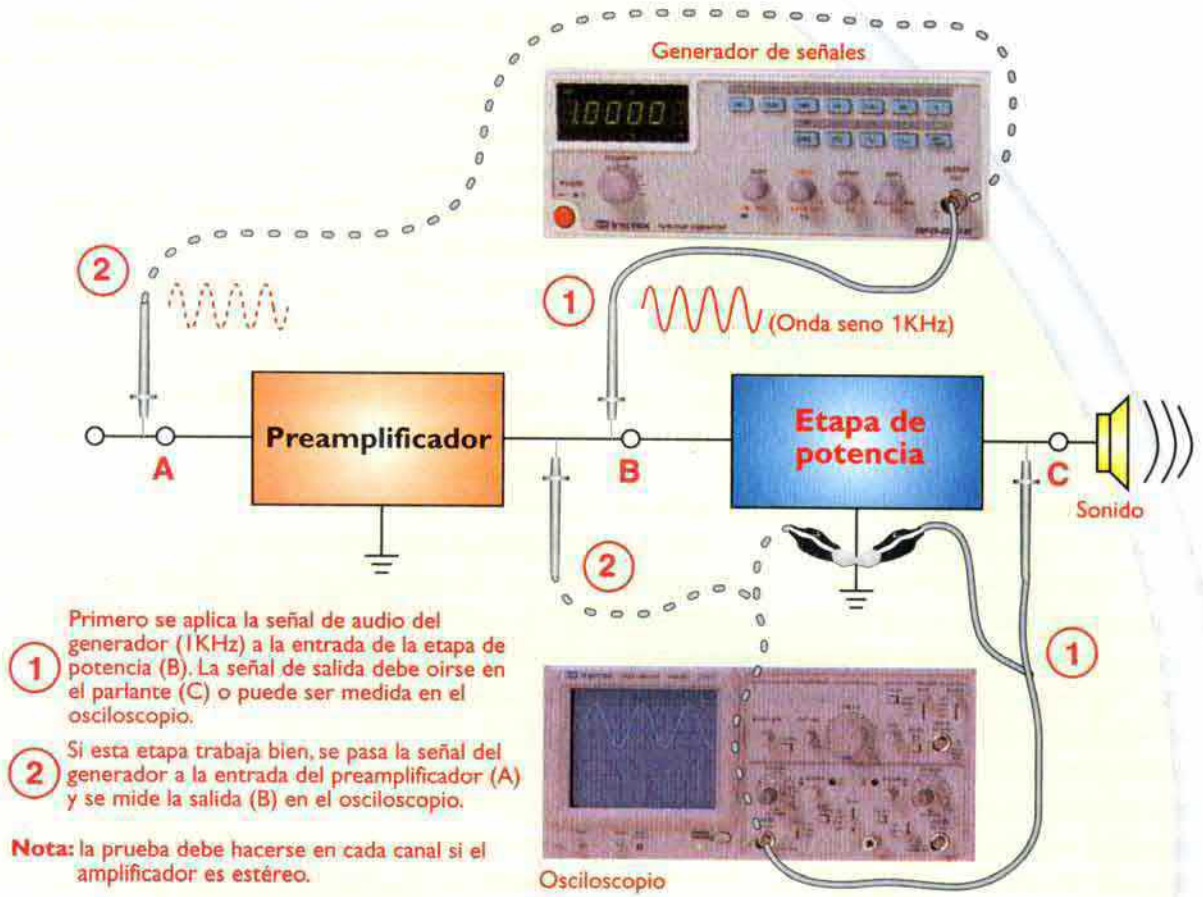


Figura 12.26. *Método de aplicación de señales de prueba etapa por etapa en un amplificador de audio.*

cuál es la salida de cada etapa. Siguiendo con la metodología, una vez que se haya identificado la etapa defectuosa, debemos localizar dentro de ella el componente o los componentes averiados. En este caso, siguiendo el circuito de ejemplo, se detecta que las dos etapas de potencia no responden a las señales aplicadas con el generador de señal. Midiendo los diferentes componentes de estas etapas, se establece que las resistencias y los condensadores están buenos, y, por lo tanto, la principal sospecha recae sobre los circuitos integrados amplificadores de potencia (LM3886). Se encontró que los dos estaban averiados y como éstos no se pueden probar internamente, procedemos a cambiarlos, **figura 12.27**, con lo cual el amplificador vuelve a trabajar correctamente.

Figura 12.27. *Cambiando los circuitos integrados de potencia*

Lección 13

Información sobre electrónica en la internet

Actualmente, la internet es una de las mejores o quizás la mejor fuente de información para estudiantes, técnicos y profesionales de la electrónica, ya que en ella podemos encontrar en forma casi instantánea, y muchas veces sin ningún costo, todo tipo de datos técnicos, históricos, cursos, proyectos, actividades prácticas, noticias sobre nuevos productos, proveedores de componentes, etc. Sin embargo, es tanta la información que si no la buscamos y utilizamos correcta y ordenadamente, nos podemos confundir con ella y muchas veces desperdiciarla. En esta lección veremos algunos de los temas más importantes que podemos buscar y cómo ir guardándolos en forma clasificada.

Analizando el desarrollo de la electrónica desde sus inicios en los primeros años del siglo XX hasta la fecha, concluimos fácilmente que la información generada durante todos estos años es realmente extensa y variada. Podríamos decir, sin temor a equivocarnos, que es la tecnología que más información ha generado la cual ha sido plasmada inicialmente en libros y revistas y ahora en videos, discos tipo CD y en la internet.

Por otro lado, esta tecnología también es la que más rápido se desarrolla, evoluciona y cambia, lo que nos obliga a estar estudiando e informándonos permanentemente o de lo contrario nos podemos quedar atrasados y tener pocas posibilidades para seguir trabajando con ella. Y la mejor forma para hacerlo es a través de la internet ya que los libros son costosos y cuando se imprimen y llegan a nuestras manos, ya ha pasado un buen tiempo desde su creación. Esto no quiere decir que no debamos tener libros y revistas; todo electrónico que se aprecie y respete debe poseer una buena biblioteca con libros bien elegidos y cursos como éste, y una o varias suscripciones a revistas, entre ellas Electrónica y Computadores de CEKIT, **figura 13.1**

Para la búsqueda y recopilación de información en la internet lógicamente debemos tener acceso a una computadora con conexión a la red y los programas de navegación (Netscape o Microsoft Explorer), preferiblemente en nuestro hogar o en un sitio que podamos visitar con frecuencia, como el colegio, la universidad, un centro comunal o un café internet, entre otros. En este momento suponemos que el lector está familiarizado con el uso de esta tecnología y por lo tanto no nos detendremos en su explicación. Si no la conoce o no la sabe utilizar, le recomendamos que lo haga ahora mismo ya que es la herramienta más valiosa para estar actualizados y seguir estudiando en forma permanente. Lo puede hacer por medio de un libro, una revista, un curso presencial o a distancia, con un pariente, un amigo, en el colegio, la universidad o la empresa donde trabaja.

Figura 13.1.

Qué podemos encontrar en la internet

Debido a su estrecha relación y afinidad con la tecnología informática, base fundamental de la internet, la electrónica es uno de los temas que más se han llevado a la red. Prácticamente todas las entidades y empresas relacionadas con la electrónica, desde las más pequeñas y remotas hasta las grandes multinacionales, tienen una página o sitio *web* en funcionamiento.

Éstas se encuentran en muchas presentaciones, desde páginas muy simples de aficionados, una gran variedad de cursos de institutos y universidades, todo tipo de publicaciones, hasta los datos técnicos y comerciales de los principales fabricantes tanto de componentes como de productos terminados.

¿Cómo acceder entonces ante tal volumen de información? La forma más directa es escribiendo en la ventana correspondiente en el navegador la dirección URL de algunos sitios ya conocidos, las cuales se publican en revistas y periódicos como elemento publicitario o como enlaces (*links*) en otras páginas *web*. Por ejemplo: www.cekit.com.co, www.magomelectronica.com.co, etc. En la revista Electrónica & Computadores de CEKIT, que circula mensualmente, publicamos en la sección Rutas y Lugares varias direcciones que contienen información valiosa y muy actualizada sobre diferentes temas de la electrónica.

Figura 13.2. *Palabra clave para la búsqueda*

Figura 13.3. *Lista de sitios encontrados*

La otra forma es utilizar las máquinas de búsqueda (*search engine*) como: www.google.com, www.altavista.com, www.metacrawler.com, etc. o los grandes sitios de información general clasificada como www.yahoo.com. En un buscador, basta con escribir en la ventana en blanco que tiene disponible para tal fin la palabra o palabras clave que se quieren buscar, **figura 13.2,** y aparece una lista, **figura 13.3**, con muchas opciones, las cuales se deben ir mirando para determinar si la información es lo que necesitamos o no. Para ir a cada página simplemente hacemos clic en cada una de ellas, o en las que nos interesen, según el título o encabezado.

La calidad o acierto de la búsqueda depende en muy buena parte de la o las palabras que escribamos para ella. Hay diferentes técnicas para buscar la información, desde las más simples hasta las llamadas «avanzadas», las cuales le recomendamos que aprenda con el fin de que pueda lograr los mejores resultados posibles. Una mala búsqueda puede entregar como resultado una muy poca o nula información, hasta una cantidad tal de páginas que no sabremos por donde empezar.

La búsqueda se puede hacer en inglés o en español para lo cual escribimos el tema que queremos buscar. Por ejemplo, si escribimos en la ventana del buscador «Electrónica básica», aparecen los temas tal como se muestra en la **figura 13.4**; y si escribimos «Basic electronics» aparecen las páginas tal como se muestra en la **figura 13.5**

Con la práctica y una buena observación, se van desarrollando habilidades que mejoran esta técnica, lo cual depende del interés y la dedicación de cada persona.

Existe otro tipo de páginas tal como www.epanorama.net, **figura 13.6**, que contienen una lista por temas y, luego de seleccionar uno de ellos, aparecen varias opciones para visitar. Estos sitios los iremos encontrando a medida que hagamos continuamente búsquedas y los debemos registrar ya sea por medio del navegador (*bookmarks* o favoritos) o anotarlo para nuestra referencia.

Figura 13.4. *Búsqueda en español*

Figura 13.5. *Búsqueda en inglés*

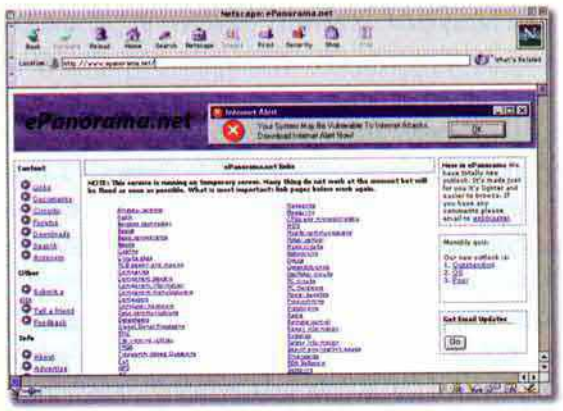


Figura 13.6. *www.epanorama.net (Listado alfabético por temas)*

Búsqueda en la internet

Como ya lo mencionamos, es tanta la información disponible que hay que aprender a buscar lo que necesitamos. Si queremos conocer información general sobre ciertos componentes electrónicos simplemente escribimos su nombre, por ejemplo, «Resistencias», o «Resistores», o «Resistors». Igual se puede hacer con «Condensadores», «Bobinas», «Circuitos integrados», o si se quiere algo más específico, podría escribirse «Bobinas toroidales».

En cuanto a la teoría de circuitos podemos buscar: «Amplificadores con transistores», «Fuentes de poder», «Oscilators», «FM transmitters», etc. En muchas de estas búsquedas seguramente aparecerán los principales fabricantes y distribuidores de estos componentes o aparatos, lo cual también es muy útil ir conociendo. Otras de las páginas y quizás las que más nos interesan en muchas ocasiones, son las de proyectos en donde aparecen los diagramas esquemáticos o planos de todo tipo de circuitos y aparatos, incluyendo muchas veces el diseño del circuito impreso. Si escribimos en la ventana de búsqueda: «Proyectos electrónicos», «Electronic projects», « Electrónica práctica», «Practical electronics», etc. aparecen muchos sitios *web* con esta información.

Otro tipo de contenido muy útil e interesante es el que brindan los fabricantes de semiconductores, especialmente de circuitos integrados, ya que en sus páginas se publica toda la información correspondiente a sus diagramas de pines, sus funciones, sus características eléctricas y otra información, generalmente en formato pdf, para ser leida por el programa Acrobat Reader de Adobe Systems. Esta información recibe el nombre de Hojas de *datos* (*Data sheet*). También en la mayoría de estos sitios *web* se encuentra una serie de Notas de Aplicación (*Application Notes*), en las cuales se muestran los diferentes circuitos que utilizan los circuitos integrados de estas empresas.

Cómo guardar la información obtenida en la internet

Tan importante como la búsqueda de la información es tener un método para guardarla en forma ordenada, de tal forma que la podamos encontrar y consultar posteriormente. Lo más aconsejable es ir abriendo carpetas y subcarpetas (directorios y subdirectorios) en el disco duro de la computadora, con nombres clasificados por los diferentes temas tales como: componentes, teoría, proyectos, fabricantes, etc. o para que cada persona, de acuerdo a su criterio, pueda identificar fácilmente su información. Ésta debe ser guardada cada cierto período de tiempo (*backup*) en la forma más segura, preferiblemente en discos compactos tipo CD- ROM.

La información puede guardarse con la forma de la página *web* original (formato HTML), incluyendo las figuras; en forma de textos, o preferiblemente en formato pdf, cuando el archivo esté disponible en esa forma. Las páginas *web* también se pueden ir imprimiendo y guardando en forma ordenada y clasificadas por temas para su posterior consulta.

Terminamos así esta sección de Electrónica Práctica en la cual hemos visto una serie de temas relacionados estrechamente con la teoría estudiada y que complementan los proyectos, para lograr así un conjunto de conocimientos sobre electrónica básica que esperamos les sean de mucha utilidad en sus propósitos educativos.

Índice Electrónica práctica

Lección 1. Las herramientas en electrónica 1
El destornillador 2
Cuidados con los destornilladores 3
Las pinzas 3
Cuidados con las pinzas 4
Las llaves 5
Cuidados con el uso de las llaves 6
Sierra de arco o segueta 6
Cuidados con la sierra de arco 6
Brocas o mechas 6
Cuidados con las brocas 7
El taladro manual 7
Cuidados con los taladros 7
Limas 7
Cuidados con las limas 8
Calibrador 8
El soldador eléctrico o cautín 8

Lección 2. Los instrumentos básicos para mediciones eléctricas 9
Introducción 10
El instrumento básico para medir 10
Clasificación de los aparatos para medida 11
El amperímetro 12
Partes de un amperímetro con indicador de aguja 13
Medición de intensidad 13
¿Qué significa conectar el amperímetro en serie? 15
Precauciones y medidas de seguridad con el amperímetro 15
Instrumentos para medir corriente alterna 16
El voltímetro 17
El voltímetro de corriente continua 18
El voltímetro de escalas múltiples 18
Medida de un voltaje 20
El voltímetro de corriente alterna 21
El óhmetro 21
Midiendo resistencias 22
Midiendo continuidad 23
Midiendo fugas de aislamiento o contacto a tierra ... 24

Lección 3. El multimetro 25
Introducción 26
El multímetro análogo 26
Cuidados con el multímetro 28
Funcionamiento del multímetro análogo 29
Funcionamiento como óhmetro 29
Medida de continuidad 29
Medida de resistencia 30
Funcionamiento como voltímetro para corriente continua (CC) 31
Funcionamiento como voltímetro para corriente alterna (CA) 31
Funcionamiento como amperímetro para medida de intensidad en CC 32
El multímetro digital 33
Precauciones con los multímetros digitales 33
Funcionamiento y operación del multímetro digital ... 34
Funcionamiento como óhmetro 34
Medida de continuidad 35
Funcionamiento como voltímetro para corriente continua (DCV) 35
Funcionamiento como voltímetro para corriente alterna (ACV) 35
Funcionamiento como amperímetro para corriente continua (DCA) 36
Otras funciones 36

Lección 4. El tablero para prototipos (*protoboard*) 37
Estructura del *protoboard* 38
Recomendaciones para armar circuitos en un *protoboard* 39
Ensamblaje de circuitos en un *protoboard* 41

Lección 5. Diseño y fabricación de circuitos impresos 43
¿Qué es diseñar un circuito impreso? 44
Pasos para la elaboración de un circuito impreso 44
Técnicas para el diseño de circuitos impresos 46
Diseño manual 46
Diseño manual con dibujo por computadora 46
Diseño por computadora o CAD 47
Diseño manual de circuitos impresos 47
Diseño del circuito impreso 48
Los puntos de soldadura 48
Conocimiento de los componentes electrónicos 49
Medidas de los componentes 49
Trazado de las líneas 50
Primeros pasos para el diseño 50
Componentes externos 50
Cómo empezar 51
Ejemplo del diseño manual de un circuito impreso 51

Fabricación de circuitos impresos 53
Método con un marcador de tinta especial 53

Lección 6. Montaje y soldadura de los componentes electrónicos 57
La soldadura para componentes electrónicos 58
El cautín para soldar 58
Estañado del cautín 59
Montaje de los componentes 59
Orden en el montaje 60
Cómo hacer buenas soldaduras 63

Lección 7. Los circuitos impresos universales 65
Montaje de componentes en el circuito impreso universal 66
Ejemplo práctico 67

Lección 8. El bastidor o chasis para aparatos electrónicos 69
¿Qué es un chasis en electrónica? 70
Tipos de chasis 70
Formas básicas de los chasis 71
Fabricación del chasis 73
Pasos que se deben seguir para la fabricación 73
Consideraciones generales para el diseño de un chasis 73

Lección 9. Ensamblaje de aparatos electrónicos 81
Pruebas de las tarjetas y del circuito en general 82
Otros componentes para el montaje final 83
Montaje de los elementos externos 84
Montaje de las tarjetas en el chasis 85
Cableado del aparato 86
Revisión final 88
Correcciones 88
Documentación 88
Cómo organizar el área de trabajo 89
Qué se requiere 89
El banco de trabajo 90
La instalación eléctrica 91
Las gavetas u organizadores para componentes 91

Lección 10. Planeación y desarrollo de proyectos 93
Consideraciones iniciales 94
Elección del proyecto 94
Consecución de los componentes 95
Kits electrónicos 96

Lección 11. Reemplazo de componentes electrónicos 97
Reemplazo de componentes pasivos 98
Reemplazo de resistencias 98
Reemplazo de condensadores 100
Reemplazo de bobinas 100
Reemplazo de componentes activos (semiconductores) 101
Reemplazo de transistores 101
Semiconductores genéricos o de reemplazo 102

Lección 12. Reparación de circuitos y aparatos electrónicos 105
¿Qué es reparar? 106
¿Qué es un aparato electrónico? 106
¿Por qué fallan los aparatos? 107
Aspectos generales de la metodología para las reparaciones 107
Recomendaciones generales 108
Estructura de los aparatos electrónicos 109
Metodología para las reparaciones 111
Diagnóstico de fallas 111
Localización de la falla 112
Aislamiento del problema 112
Aspectos prácticos de las reparaciones en aparatos electrónicos 113
Herramientas para las reparaciones 113
La lámpara o tomacorriente en serie 114
Procedimientos básicos de prueba 114
Trabajo práctico de reparación 115
Cómo desoldar componentes electrónicos 117
Usando el desoldador mecánico 117
Cinta de cobre trenzada para desoldar (*solder wick*) ... 118
Desoldando circuitos integrados 118
Reparación de un amplificador de audio 119
Aplicación de señales de prueba 121

Lección 13. Información sobre electrónica en la internet 123
Qué podemos encontrar en la internet 124
Búsqueda en la internet 126
Cómo guardar la información obtenida por la internet ... 126